

مَنَاهِجُ النَّحْثِ الْعِلْمِيِّ

تأليف
عبد الرحمن بدوي

الطبعة الثالثة

١٩٧٧

الناشر: وكالة المطبوعات
شارع فهد السالم - الكويت

المنهج^(١)

١ - معنى الكلمة:

هذا اللفظ ترجمة للكلمة *méthode* الفرنسية ونظائرهما في اللغات الأوربية الأخرى . وكلها تعود في النهاية إلى الكلمة اليونانية *methodos* ، وهي كلمة نرى أفلاطون يستعملها بمعنى البحث أو النظر أو المعرفة ، كما نجدها كذلك عند أرسطو أحياناً كثيرة بمعنى «بحث» . والمعنى الاشتقاق الأصلي لها يدل على الطريق أو المنهج المؤدى إلى الغرض المطلوب ، خلال المصاحب والعقبات .

ولكنه لم يأخذ معناه الحالى ، أى بمعنى أنه طائفة من القواعد العامة المصوغة من أجل الوصول إلى الحقيقة في العلم ، إلا ابتداء من عصر النهضة الأوربية . ففي هذه الفترة نرى المناطق يعنون بمسألة المنهج ، كجزء من أجزاء المنطق : فمثلا نرى مولينا ونونيث Molina, Nuñez يهتمان به ؛ ونجد فصلا طويلا عن المنهج في كتاب زبرله Zabarella (سنة ١٥٧٨) عن « المنطق » ؛ وكذلك لدى أوستاش دى سان بول Eustache de Saint-Paul . مؤلف كتاب « خلاصة فيان » *Somme du Feuillant* المكتوب سنة ١٦٠٩ .

غير أن هذه محاولات لا تزال غامضة . أما المحاولة الواضحة في ذلك العصر ، عصر النهضة ، فهي تلك التى قام بها راموس Ramus (سنة ١٥١٥ - ١٥٧٢)

(١) مراجع :

Claude Bernard : *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*
De la Méthode dans les Sciences, 2 séries, 1920.

A. Lalande : *Les théories de l'induction et de l'expérimentation*.

L. Rougier : *La structure de théories déductives*.

فقد قسم المنطق إلى أربعة أقسام : التصور ، والحكم ، والبرهان ، والمنهج .
والمنهج قد طالب بدراسته في آثار أصحاب البلاغة والعلم والرياضة . على أن
راموس لم ينته إلى تحديد منهج دقيق للعلوم ، بل عنى خصوصاً بالمنهج في البلاغة
والأدب ، شأنه شأن رجال عصر النهضة ، ولم يهتم بالملاحظة والتجربة إلى درجة
كافية ، لكنه على كل حال صاحب الفضل في لفت النظر إلى أهمية المنهج ، مما
وجد له صدى واسعاً في بيئة ذلك العصر ، ثم في العصر التالي مباشرة عند منطقة
بوررويال وديكارت . والعلّة في أنه لم يسر طويلاً في طريق تكوينه المنهج
الصحيح أنه كان أقرب إلى الأدب منه إلى العلم ، فلم يكن فزيائياً ، ولو أنه
كان رياضياً .

وهنا ، أعنى في القرن السابع عشر ، تمت الخطوة الحاسمة في سبيل تكوين
المنهج . فيكون في كتابه « الأورغانون الجديد » Novum Organum
(سنة ١٦٢٠) صاغ قواعد المنهج التجريبي بكل وضوح . وديكارت حاول
أن يكتشف المنهج المؤدى إلى حسن السير بالعقل ، والبحث عن الحقيقة في العلوم
كما يدل على ذلك نفس عنوان كتابة « مقال في المنهج » (سنة ١٦٣٧) .
وأتى أصحاب « منطق بوررويال » (الطبعة الأولى سنة ١٦٦٢) فعمدوا بتحديد
المنهج بكل وضوح ، وجعلوه القسم الرابع من منطقهم هذا .

حدّ أصحاب هذا المنطق المنهج بأنه « فن التنظيم الصحيح لسلسلة من الأفكار
العديدة ، إما من أجل الكشف عن الحقيقة ، حين نكون بها جاهلين ؛ أو من
أجل البرهنة عليها للآخرين ، حين نكون بها عارفين » . فتمتة إذن نوعان
من المنهج : أحدهما للكشف عن الحقيقة ، ويسمى التحليل أو منهج الحل ،
ويمكن أن يدعى أيضاً منهج الاختراع ؛ والآخر ، وهو الخاص بتعليمها للآخرين
بعد أن نكون قد اكتشفناها ، يسمى بالتركيب أو منهج التأليف ، ويمكن أن

تدعوه أيضاً « منهج المذهب » (طبعة إميل شارل ، ص ٣٦٥ ، باريس سنة ١٨٧٨) . وللاحظ على هذا التعريف للمنهج أنه ناقص ، إذ هو لا يكاد يتحدث إلا عن الأفكار ، لا عن الوقائع والقوانين ، كما لاحظ إميل شارل (الموضع نفسه ، تعليق) . وما هذا إلا لأنهم عنوانوا بالمنهج الرياضى الاستدلالي ، دون المنهج التجريبي أو التاريخي . ولذا لا نرى في جديهم كلاماً عن العلوم الفزيائية ، بل اقتصر الأمر تقريباً على الرياضيات والهندسة بوجه خاص .

يبد أن من الممكن ، بإضافة منطق سيكون إلى منطق بوررويال ، أن نقول إن المنهج الاستدلالي والمنهج التجريبي قد تكونا في القرن السابع عشر بصورة واضحة .

وبذا تكونت فكرة المنهج بالمعنى الاصطلاحي المستعمل اليوم ابتداءً من ذلك التاريخ . ومعناه إذن : الطريق المؤدى إلى الكشف عن الحقيقة في العلوم ، بواسطة طائفة من القواعد العامة تهيم على سير العقل وتحدد عملياته حتى يصل إلى نتيجة معلومة .

٢ - أنواع المنهج :

والمنهج مفهوماً على هذا النحو ، قد يكون مرسوماً من قبل بطريقة تأملية مقصودة ، وقد يكون نوعاً من السير الطبيعي للعقل لم تُحدد أصوله سابقاً . ذلك أن الإنسان في تفكيره قد ينظم أفكاره ورتبها فيما بينها حتى تتأدى إلى المطلوب على أيسر وجه وأحسنه ، على نحو طبيعي تلقائي ليس فيه تحديد ولا تأمل قواعد معلومة من قبل . فهذا منهج أيضاً ، ولكنه منهج تلقائي . أما إذا تأملنا في المنهج الذي سرنا عليه في تحصيلنا لمعارفنا العلمية ، وحاولنا أن نحدد قواعده ونسن له قوانينه ونبين أوجه الخطأ والانحراف من أوجه الصواب والاستقامة ، ثم كونا

من هذا كله طائفة من القواعد العامة الكلية التي تخضع لها في المستقبل طرائق بحثنا ، فإن المنهج يكون منهجاً عقلياً تأملياً .

فكأن لدينا إذن نوعين من المنهج : منهجاً تلقائياً ، وآخر تأملياً . وواضح أن هذا الأخير هو الذي يمكن أن يكون موضوعاً لعلم ، هو هنا المنطق ، لأنه يقوم على التأمل والشعور ، لا على التلقائية واللاشعور غير الواضح . ولهذا فإننا سنستعمل المنهج ك موضوع لجزء من المنطق ، بهذا المعنى الأخير . وهو فعلاً المعنى الشائع المفهوم عادة ، حين نتحدث عن البحث المنهجي ، أو السير على منهج . وإن كان هذا يجب ألا ينسينا أن المنهج التأملي يقوم في الأصل على المنهج التلقائي . وتلك مسألة ستوضح بعد قليل عند الكلام عن تكوين علم المناهج ، فإنها ليست من الوضوح كما يبدو لأول وهلة .

٣ - علم المناهج :

والعلم الباحث في المنهج أو المناهج التأملية يسمى علم المناهج . وإذا كان المنهج كما رأينا هو البرنامج الذي يحدد لنا السبيل للوصول إلى الحقيقة أو الطريق المؤدى إلى الكشف عن الحقيقة في العلوم ، فإن من الممكن أن نفهم هذا اللفظ بمعنى عام ، فتدخل تحته كل طريقة تؤدي إلى غرض معلوم نريد تحصيله : فتمت على هذا الاعتبار منهج للتعليم ، ومنهج للقراءة ؛ وتمت أيضاً منهج للوصول إلى نتائج مادية ، كما هي الحال في العلوم العملية . ففي الطب مثلاً يوجد منهجان : المنهج الوقائي من الجراثيم ، *aseptique* ، والمنهج العلاجي من الجراثيم *antiseptique* . والتربية منهج ، والدراسات على اختلافها مناهج .

ولكن المنهج كما نريده هنا لا يطلق بهذا المعنى العام ، بل يجب قصره على الطريق المؤدى إلى الكشف عن الحقيقة في العلوم النظرية . وتبعاً لاختلاف

هذه العلوم ، تختلف المناهج ؛ ولكنها يمكن أن ترد إلى منهجين هما الاستدلال والتجريب ، يضاف إليهما منهج ثالث خاص بالعلوم الأخلاقية أو التاريخية هو منهج الاسترداد .

والعلم الباحث في هذه المناهج الثلاثة خصوصاً يسمى علم المناهج . فهو العلم الباحث في الطرق المستخدمة في العلوم للوصول إلى الحقيقة .

وكلمة *Methodologie* ترجع خصوصاً إلى كَنت . فقد قسم المنطق إلى قسمين : مذهب المبادئ ، وموضوعه شروط المعرفة الصحيحة ، وعلم المناهج الذي يحدد الشكل العام لكل علم ، والطريقة التي بها تكون أي علم كان . وإلى جانب علم المناهج العام هذا ، توجد علوم مناهج جزئية تختلف تبعاً للعلوم ، ومهمة كل منها أن يحدد العمليات الواجب اتباعها في دراسته .

٤ - تكوين هذا العلم :

ولما كان هذا العلم يبحث في المناهج التي يتبعها العلماء في أبحاثهم من أجل الوصول إلى الحقيقة كل في ميدانه ، فإنه لا يمكن أن يتكون إلا بالنظر في السبل التي سلكها هؤلاء العلماء أنفسهم . ومن هنا قامت مشكلة عظيمة تتصل بتكوين هذا العلم : ما نصيب العالم المتخصص ، وما نصيب الفيلسوف في هذا التكوين ؟ وهي مشكلة قد أثبتت في أواخر القرن الماضي بعد أن وضعها في شكلها الحاسم كلود برنار .

فالكلود برنار إن المناهج لا يمكن أن تدرس نظرياً كقواعد عامة يفرض على العالم بعد أن يسير وفقاً لها . إنما تتكون في داخل العمل ، الذي هو معبد العلم الحقيقي ، وإبان الاتصال المباشر بالوقائع والتجارب العملية . ذلك أن هذه العمليات والمناهج العملية لا تتعلم إلا في المعامل ، حيث يكون القائم بالتجريب

فى اشتباك مع مشا كل الطبعه ؛ فها هنا يجب أن نوجه الشاب أولاً . أما التاريخ والنقد العلمى فمن شأن السن الناضجة . ولا يمكن أن ينتجا نتاىج ذات قيمة إلا بعد أن يكون المرء قد بدأ يحصل العلم فى معبده الحقيقى ، أعنى فى المعمل . ولا بد للمجرب أن تختلف عمليات البرهان لديه إلى غير نهاية ، وفقاً للعلوم المختلفة ... إن روح صاحب التاريخ الطبيعى ليست هى بعينها روح صاحب علم وظائف الأعضاء ، وروح الكيماىى ليست روح الفيزيائى ... والتعاليم النافعة هى وحدها تلك الصادرة عن التفاصيل الخاصة بالممارسة التجريبية فى علم معين بالذات . لقد أردت أن أعطى فى هذا المدخل فكرة دقيقة قدر المستطاع عن علم وظائف الأعضاء والطب التجريبى . ومع ذلك فأنا أبعد ما أكون من الادعاء أنى قدمت قواعد وتعاليم يجب أن تتبع بطريقة دقيقة متقنة ... لقد أوردت شواهد علمية ، ولكنى احتطت جيداً فى ألا أعطى تفسيرات نافلة وفى ألا أضع قاعدة واحدة مطلقة ، لأنى أعتقد أن مهمة الاستاذ هى أن يقصر نفسه على أن يبين للتلميذ بوضوح الغاية التى يستهدفها المعلم ، وأن يبين له كل الوسائل التى فى وسعه من أجل بلوغه وتحصيله ... إلا أن العلوم لا تتقدم إلا بالأفكار الجديدة وبالقوة المبدعة للروح » (« المدخل لدراسة الطب التجريبى » ، القسم الثالث ، الفصل الرابع ، ص ٣٩٤ — ص ٣٩٦) .

أما هؤلاء الفلاسفة الذين حاولوا أن يقدموا تعاليم عامة يجب على العالم اتباعها فى بحثه فلم يفيدوا شيئاً فى تقدم العلوم الخاصة . حقاً إن أبحاثهم قد بدت فى أول الأمر مغرية لأولئك الذين لا ينظرون إلى العلم إلا عن بُعد ؛ ولكنها ليست بذات فائدة إطلاقاً للعلماء الحقيقين ، كما أنها أضلت هؤلاء الذين يريدون الإقبال على تحصيل العلم ، بإظهارها الأمر على حال من البساطة الزائفة ؛ وإلى جانب هذا كله قد أثقلت العقل مخيلط من التعاليم والقواعد الغامضة أو غير القابلة للتطبيق ،

مما يجب أن يباخر الإنسان إلى نسيانه إذا أراد أن يدخل في ميدان العلم ويصير مجرباً حقاً .

والملاحم الرئيسية في رأى كلود برنار هذا هي أولاً : أن العلم لا يحصل إلا في العمل ووفقاً للحاجة العلمية ؛ وثانياً أن العلم يجب ألا يسبق في ذهن العالم بمذهب فلسفي معين يسير وفقاً له في أبحاثه ؛ وثالثاً أن المناهج تختلف باختلاف العلوم ، لأن روح هذا العالم الفزيائي ، غير روح ذلك العالم الكيميائي ، وليس ثمة بالتالي منهج واحد للبحث في العلوم كلها أو في طائفة منها بأكملها . والنتيجة لهذا إذن ، أن تكوين المناهج ليس من مهمة الفيلسوف ، لأنه لا يستطيع إلا أن يقدم منهجاً عاماً ، فضلاً عن أنه ليس على اتصال مباشر بالعلم في معبده الحقيقي وهو العمل ؛ إلى جانب كونه متأثراً بمذهب خاص يتحكم في تقديراته وتوجيهاته .

ورأى كلود برنار هذا صحيح في مضمونه العام . فليس لصاحب النطق أن يفرض قواعد وتعاليم معينة على العالم المتخصص . وذلك أولاً لاختلاف فروع العلم اختلافاً يجعل من المستحيل تقريباً أن نعطي قاعدة عامة لكل العلماء في مختلف فروع العلم ؛ وثانياً تنوع العمليات تبعاً للأحوال الخاصة موضع الدرس ، مما يجعل التعميم أكثر صعوبة وأدعى إلى نقصان الفائدة المرجوة . والشاهد على هذا أن العلم لم يتقدم شيئاً بالنصائح الجزئية التي قلمها سيكون أو استيورت مل .

ولكن هل معنى هذا أن تكوين المناهج من شأن العالم وحده ؟ كلا ؛ فإن العالم المتخصص المعلق عليه في ميدان محدود لا يستطيع أن يتبين الروابط الجامعة بين الليادين المختلفة للعلم ، مع أن العلوم تتشابه في مناهجها بالضرورة ، نظراً إلى وحدة العقل الإنساني ، إلى جد كبير على الأقل . فلا بد إذن من أن يأتي شخص غير متخصص في علم واحد بالذات ، ويحاول ، باستقرائه للمناهج التي اتبناها العلماء

المختلفون في ميادينهم المختلفة ، أن يستخلص النماذج العامة للمناهج العلمية وأن يحو نحو شيء من التعميم حتى يضع صورة إجمالية عامة للمناهج التي يتبعها العقل الإنسانى في تحصيله للحقيقة فى العلوم . وهذا الشخص لا يمكن إلا أن يكون المنطقى ، إذ هو وحده القادر على الجمع بين مختلف الميادين فى نظرة واحدة شاملة تبيى . نه أن يدك الملامح العامة والخصائص الكلية المشتركة بين المناهج المتبعة فى فروع العلم المتعددة . وفى هذا المعنى يقول فنت : « إن مناهج البحث وثيقة الارتباط باطنياً فى تطبيقاتها العلمية ، إلى درجة أنه لا توجد مشكلة مركبة لا تشارك جميعاً فى حلها . وليس الأمر هنا مقصوراً على رابطة التتالى فى الترتيب بمعنى ... أن المنهج التالى يفترض مقدماً منهجاً سابقاً ، بل تدخل (المناهج) اللاحقة فى تلك السابقة كذلك » (المنطق ، ج ٢ ، اشتجرت سنة ١٩٠٧ ، ص ٣٨) .

فعمل التنسيق بين المناهج عمل ضرورى لا بالنسبة إلى الفيلسوف الذى يبحث فى تطور العقل الإنسانى وفى ملكاته فى مختلف مظاهر النشاط التى يعمل بها فحسب ، بل وأيضاً بالنسبة إلى العالم المتخصص نفسه . والدليل على هذا أن كلود برنار نفسه قد قدم لنا فى كتابه هذا نظاماً من التعاليم والقواعد العامة التى لا تقتصر على علم الطب التجريبى أو علم وظائف الأعضاء بل تصلح لىكى يستفيد منها العالم الفزيائى والعالم الكيمائى الخ ، حتى كان لهذا الكتاب أثر فى تقدم المناهج العلمية والدراسة العلمية فى أواخر القرن الماضى ، بل وأوائل هذا القرن ، مما دعا برجسون إلى نعت هذا الكتاب بأنه «مقال عن المنهج» للقرن التاسع عشر . ومعنى هذا أن من الحكمة ، حتى من وجهة نظر كلود برنار نفسه ، أن يستفيد العالم المتخصص من التعاليم العامة التى توجه إليه من العلوم الأخرى فيما يتصل بالمنهج العلمى .

والمشكلة الحقيقية التى يثيرها كلود برنار هى تلك التى أوردناها فى أول هذه

الفقرة وهى : هل الفيلسوف أو العالم هو الذى يضع القواعد للمناهج العلمية ؟ وهى مسألة لا تتناقى مع فكرة التنسيق . ونرى نحن أن مهمة الفيلسوف لا تتناقى هنا مع مهمة العالم ، لأنها خطوة تليها . فالواجب أن يبدأ العالم المتخصص فيرشدنا إلى المنهج الذى اتبعه فى أبحاثه وأن يقدم لنا تقريراً مفصلاً عن الخطوات التى مرَّ بها وهو بسبيل بحثه فى ميدانه الخاص ؛ ثم يأتى عالم آخر أوسع أفقاً وأميل إلى النظرة العامة ، أى يكون ذا نزعة فلسفية ، فيحاول أن ينسق بين هذه التقارير التى قدمها العلماء المتخصصون كي يستخلص منها الخصائص العامة للمناهج المختلفة ؛ ثم يأتى الفيلسوف المنطقى فى الدرجة الثالثة فيحاول إرجاع هذه المناهج إلى صفات ذاتية فى العقل الإنسانى ، محاولاً أن يصوغ النتائج التى وصل إليها السابق فى صيغ واضحة تنظم على هيئة مذهب فى العقل الإنسانى من حيث طبيعة اتجاهاته فى البحث عن الحقيقة . فالتقارير التى كتبها باستير مثلاً عن أبحاثه فى الجراثيم تصلح لأن تمثل الدرجة الأولى ؛ وكتاب ككتاب كلود برنار : « المدخل إلى دراسة الطب التجريبى » يمثل الدرجة الثانية التى فيها يقوم عالم بالنظر فى مناهج العلوم المختلفة وبخاصة تلك الوثيقة الصلة بعلمه الخاص . أما الدرجة الثالثة فهى مهمة المنطقى الذى ينظم تلك النتائج ويوفق بينها فى صورة عامة رابطاً إياها بطبيعة العقل الإنسانى نفسه : ويمثلها سيكون واستيورث مل وماخ الخ .

وواضح من هذا أنه ليس من وظيفة الفيلسوف المنطقى الباحث فى علم المناهج أن يعطى تعاليم ونصائح جزئية يفرض على العالم المتخصص اتباعها . بل كل ما يقدمه له إشارات عامة وتوجيهات كلية يدعو إلى الاهتمام بها أثناء بحثه ؛ وليس فيها أى إقبال عليه أو خنق لروحه ، إذ لا يفرض عليه أن يتبعها كما هى ؛ بل للعالم المتخصص مطلق الحرية فى اتباعها أو عدم اتباعها أو تعديلها بما يتلاءم وموضوع بحثه الخاص . وعلى الفيلسوف أو المنطقى أن يفهم أن المناهج ليست

أشياء ثابتة ، بل هي تتغير وفقاً لقتضيات العلم وأدواته ، ويجب أن تكون قابلة للتعديل المستمر حتى تستطيع أن تفي بمطالب العلم المتجددة ، وإلا كانت عبئاً ومصدراً للضرر . فكما يرى أربان Urban لا يوجد منهج لا يفقد في النهاية خصوصيته الأولى ؛ بل لا بد أن توجد لحظة فيها يشعر المرء بأنه ليس من الفائدة أن يبحث الإنسان عن الجديد على آثار القديم ، وبأن الروح العلمية لا يمكن أن تتقدم إلا بإيجاد مناهج جديدة . وكل بحث في المنهج العلمي هو بالضرورة بحث مؤقت ، لا يمكن أن يصف تركيباً نهائياً للعقل العلمي . والواقع أن المناهج العلمية لا بد أن تعدل ، بل وترفض من جيل إلى جيل ، إذا ما ثبت عدم صلاحيتها . فإن التطبيق العلمي في اختلاف باستمرار ، والمنهج بالتالي لا بد أن يعدل على الدوام . والنتيجة لهذا إذن أن المناهج العلمية في تغير ، وهذا التغير يتعين بتقدم العلم وحاجاته . وهذه أمور لا يقدرها إلا العالم المتخصص أولاً وبالذات ؛ فمرد الأمر في النهاية إذن إلى العلماء المتخصصين . وما على الفيلسوف الباحث في المناهج إلا أن يتابع مناهج العلماء المتخصصين وأن يستقرىها لديهم ثم يحاول أن ينسجها في نماذج عامة ، ويربطها من بعد بطبيعة العقل الإنساني ؛ وليس له إذن أن يقدم نصائح جزئية لهؤلاء ، بل توجيهات عامة لهم أن يأخذوا بها أو أن يستلهموها ، كما لهم أن يرفضوها .

وليس في هذا حظٌّ من قَدْر مهمة الفيلسوف الباحث في المناهج ، لأن مهمته الرئيسية أن يكشف عن الطرائق العامة التي يسلكها العقل الإنساني في بحثه عن الحقيقة بتأمله في المناهج التي سار عليها العقل في تحصيله للعلم في مختلف فروع نشاطه .

٥ - أنواع المناهج :

ومع هذا فيجب ألا ننسى في تأكيد هذا الاختلاف في مناهج العلوم تبعاً لاختلافها ، فإن وراء هذه المناهج كلها وحدة العقل الإنساني . والحقيقة أن الفصل بين مختلف المناهج بالنسبة إلى أى علم من العلوم يكاد يكون مستحيلاً ، حتى إن كلود برنار نفسه وهو الذى أكد التميز في مناهج العلوم المختلفة ، قد حاول هو نفسه أن يرد المناهج إلى منهج واحد ، بمعنى أنه ليس من الممكن أن نفصل المناهج بعضها عن بعض في تكوين العلم الواحد ، وقال بصراحة : « إنى لا أعتقد أن الاستقراء والاستدلال يكونان نوعين من البرهان متمايزين من حيث الجوهر . فإن في عقل الإنسان ، بطبعه ، شعوراً أو فكرة عن مبدأ يحكم الأحوال الجزئية . ويسير دائماً ، وعلى نحو غريزي ، من مبدأ أحرزه أو اخترعه بواسطة الفرض ؛ ولكنه لا يستطيع مطلقاً أن يسير في البراهين إلا بواسطة الأقيسة ، أى بالسير من الكلى أو العام إلى الجزئى أو الخاص » (المدخل للدراسة الطب التجريبى « ق ا ف ٢ § ٥ ص ٧٦) . إذ يرى أن الأمر هنا يتوقف على الموضوع الذى يشتغل فيه الباحث : فإذا كان يسير من مبادئ ثابتة معروفة إلى النتائج التى تتضمنها كان يسلك سبيل الاستدلال ؛ أما إذا كان يازاء علاقات معقدة وأحوال متشابكة ، فإنه لا يستطيع أن يسير يقين ، بل لابد له من افتراض الفروض وتحقيها من بعد بواسطة التجربة حتى يضمن صحة الخطوات التى يسير بها ، وهو في هذه الحالة إنما يستخدم منهج الاستقراء . ويشبه الحالة الأولى بحالة من يسير في أرض راسخة مستوية وفي طريق ممدد مستقيم يراه أمامه في سمته بكل وضوح ، إلى غاية معلومة إلى حد ما ؛ كما يشبه الحالة الثانية بحالة من يمشى في طريق ملتو مظلم وأرض وعرة مجهولة يخشى ما بها من مهاد وغيران ، فيضطر في كل خطوة يخطوها إلى التأكد من أنه يضع قدمه على أرض ثابتة ، وهكذا

لا بد له من التحقق في كل مرة بواسطة التجربة من أنه يسير في طريق سليم . فلا فارق مثلاً بين عالم التاريخ الطبيعي وبين الرياضي في نقطة البدء عند البحث عن المبادئ : فكلاهما يستقرى ويفرض ويجرب من أجل أن يتبين صحة أفكاره . وإنما يبدأ الاختلاف بينهما بعد وصول كل إلى المبادئ : حينئذ تصير المبادئ عند الرياضي مطلقة ، لأنها لا تنطبق على الواقع الموضوعي كما هو ، ولكن على الروابط التي بين الأشياء منظوراً إليها في أحوال بالغة البساطة يخلقها الرياضي في ذهنه . وتبعاً لهذا لا يرى نفسه في حاجة إلى الالتجاء إلى التجربة ، ولا إلى أى شىء آخر خارجي غير المبادئ التي بدأ بحثه منها ، بل يكفي أن يسير الاستدلال على قواعد المنطق لكي تكون النتائج صحيحة . أما عالم التاريخ الطبيعي فلا يستطيع أن يسير على هذا النحو ، لأن المبدأ الذي يصل إليه يظل دائماً مبدئاً موقوتاً ، نسبياً ، تحت رحمة التجارب الجديدة التي قد تؤدي إلى إلغائه واستبدال آخر به ، لأنه مبدأ قائم على روابط معقدة ، وبالتالي لا يوجد فيها يقين واضح . وإذا كان كذلك ، فإن الاستدلالات التي يقوم بها ابتداء منه ستكون هي الأخرى تحت رحمة التجارب الجديدة ، وبالتالي مشكوكاً فيها وليست يقينية النتائج . وإنما يأتي لها اليقين من التجربة التي لا بد لنا أن نقوم بها في كل خطوة حتى نتبين بوضوح صحة الخطوات التي نسير بها . « وهذا الاختلاف بين الرياضيين وعلماء التاريخ الطبيعي اختلاف رئيسي ، من ناحية يقين مبادئهم والنتائج المستخلصة منها ؛ ولكن تركيب البرهان الاستدلالي واحد تماماً بالنسبة إلى كلا الفريقين . فكلاهما يبدأ من قضية ؛ غير أن الرياضي يقول : مادامنا نسلم بنقطة البدء هذه ، فإن هذه الحالة الجزئية تنتج عنها بالضرورة ؛ بينما عالم التاريخ الطبيعي يقول : إذا كانت نقطة البدء هذه صحيحة ، فإن هذه الحالة الجزئية يمكن أن تنتج عنها كنتيجة لها . فالرياضي والعالم الطبيعي حين يبدأان من مبدأ يستخدمان إذن كلاهما الاستدلال . إذ يبرهن كل منهما متخذاً سبيل القياس ؛ بيد أنه ، بالنسبة إلى العالم الطبيعي ،

هذا قياس تظل نتيجته مشكوكاً فيها وتتطلب التحقيق ، لأن مبدأها غير مشهور به (غير يقينى) . وهذا هو البرهان التجريبي أو الشكى ، وهو وحده الذى نستطيع استخدامه حين تفكر فى الظواهر الطبيعية » (الموضع نفسه ، ص ٧٥ - ص ٧٦) .

والواقع أننا لانتطيع أن نفصل بين المنهج الرياضى والمنهج التجريبي بالنسبة إلى الرياضيات أو إلى العلوم الطبيعية . فكل علم من هذه العلوم يلجأ إلى كلا المنهجين . فالرياضة تعتمد على المنهج التجريبي إلى جانب اعتمادها على المنهج الرياضى ؛ وأى علم من العلوم الطبيعية لا بد أن يلجأ إلى المنهج الرياضى . فهذه مسألة يؤكد لنا سمعتها تاريخ الرياضى من ناحية ، وطريقة تكونها عند كل عالم من ناحية أخرى .

فكما سنرى من بعد عند كلامنا عن نشأة الرياضيات ، نجد أن العلوم الرياضية كانت فى نشأتها تجريبية . فالهندسة نشأت لدى البابليين تجريبية ، بمعنى أنها قامت على تجارب جزئية وملاحظات لأحوال خاصة عمّ مدلولها ؛ فقد شاهد البابليون بالملاحظة أن ضاع المسدس المنتظم يساوى الشعاع ؛ والساحون فى طيبة قد لاحظوا أن المثلث الذى تكون نسب أضلاعه ٣ : ٤ : ٥ هو مثلث قائم الزاوية . ومن هذه الملاحظات أقام الرياضيون اليونانيون الهندسة النظرية . بل ليس الأمر فى هذا مقصوراً على الرياضيات فى العصر القديم ، بل وأيضاً فى العصر الحديث نجد أن جاليليو لم يستطع تقدير مساحة شبه الدائرى cycloïde إلا بواسطة التجربة بأن وزن قطعتين من مادة وسمك واحد فوجد أن مساحته ثلاثة أمثال مساحة الدائرة المولدة ؛ وأولر قد اكتشف بطريقة تجريبية أن كل عدد زوجى هو حاصل جمع عددين أوليين . وكثير من القضايا الجديدة فى الرياضيات قد وضعت بناء على الملاحظة خصوصاً فى نظرية الأعداد .

بل ليس الأمر مقصوراً على الملاحظة والتجربة ، بل وفي فرض الفروض كذلك ؛ فإن الرياضى يقوم بتخيل مسائل جديدة ، لا يعرف الغاية منها فى بادىء الأمر ، فيظل ينتظر النتائج كالفزيائى سواء بسواء .

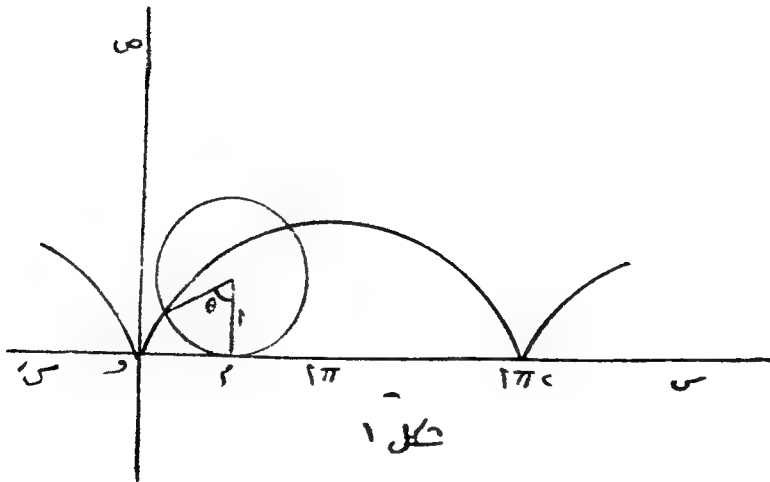
ومن هذا نرى أن الرياضى يلجأ أيضاً إلى المنهج التجريبي . والأمر أظهر فى احتياج العالم الفزيائى إلى المنهج الرياضى ؛ إذ هو ينحو نحو اكتشاف قوانين عامة يصوغها فى صيغ رياضية يستخدمها من بعد فى استخراج النتائج الخاصة بالأحوال الجزئية .

والعالم الطبيعى يلجأ إلى جانب هذا إلى المنهج الاستردادى . فى علم كالجولوجيا خصوصاً ، يحاول أن يكشف التطورات التى مرت بها القشرة الأرضية منذ أقدم العصور ، وذلك اعتماداً على الآثار المختلفة التى خلفتها العصور الجولوجية المتباينة فى تلك القشرة . وهو فى هذا إنما يسير على نفس المنهج الذى يسلكه المؤرخ فى المنهج الاستردادى : لأن المؤرخ يقوم هو الآخر بتتبع الآثار المتخلفة عن عصر كى يسترد حال هذا العصر كما كانت . ومنهج الإحصاء المستخدم خصوصاً فى علم الإحصاء يستخدم كذلك فى علم الكيمياء فى حصرنا للعناصر ومحاولتنا تصنيفها . وهذا يدل على أن المنهج الاستردادى يسير أحياناً جنباً إلى جنب مع المنهج التجريبي .

والنتيجة لهذا إذن أن الفصل بين المناهج العلمية غير ممكن فى البحث العلمى ؛ ولكننا نقوم بهذا التقسيم للمناهج من أجل دراستها فحسب . وعائناً إذن أن نراعى تلك الوحدة ، وأن لا نعد هذا التقسيم تقسيماً مطلقاً . فهى كلها فى الواقع خطوات مختلفة فى منهج واحد عام ، قد نسير بها كلها بالنسبة إلى مسألة واحدة فى علم واحد . ولنأخذ مثلاً لهذا تقدير مساحة شبه الدائرى ؛ فإننا فى تقديرنا لمساحته لجأنا أولاً كما فعل جاليليو إلى التجربة ، ثم أتى روبر فال فى سنة ١٦٣٤

فوجد مساحته بطريقة رياضية ، وأخيراً جاء بـسكال لحل المسائل المتصلة بهذا المنحنى في رسالته عن شبه الدائرى التى كتبها سنة ١٦٥٨ . ولهذا التقدير لمساحته تاريخ طويل قبل جاليليو ، ومن جاليليو فى سنة ١٦٣٠ حتى روبرفال سنة ١٦٣٤ ثم فرما Fermat بعد ذلك بقليل ثم بـسكال فى سنة ١٦٥٨ ، ومن بعده أتى واليس Wallis فى السنة التالية لحل كل المسائل المتعلقة به فيما عدا تلك الخاصة بـمركز الكتلة . وهذا التاريخ مفيد لنا فى بحثنا فى نظرية شبه الدائرى . وهو تاريخ نصل إليه عن طريق منهج الاسترداد . ومن هذا نرى أنه من الممكن أن تتدخل المناهج الثلاثة الرئيسية فى حل مسألة واحدة فى علم معين ؛ مما يدل على أن الفصل بين المناهج غير ممكن عملياً^(١) .

(١) وهالك رسماً لشبه الدائرى ومعادلاته :



(الشكل رقم ١)

معادلات شبه الدائرى الهرمترية هى :

$$س = ١ - (\theta - \text{جيب } \theta) \quad \text{و} \quad ص = ١ - (\theta - \text{جيب تمام } \theta)$$

حيث θ هى الزاوية التى يولدها نصف قطر الدائرة

و ١ هى نصف قطر الدائرة

ونحن نقول المناهج الثلاثة الرئيسية ، والواقع أن عدد المناهج لا يكاد ينحصر . ففي داخل كل علم عدة مناهج ، بل إنه لمن المستحسن أحياناً أن نستعمل مناهج خاصة لمسائل جزئية في داخل العلم الواحد . غير أنه من المستحسن أيضاً أن نرد هذه المناهج العديدة إلى مناهج نموذجية قليلة تُفرَّع عليها المناهج الجزئية الأخرى ، مناهج نموذجية نستطيع في نهاية الأمر حصرها في ثلاثة أو أربعة :

١ — المنهج الاستدلالي أو الرياضى وهو الذى نسير فيه من مبدأ إلى قضايا تنتج عنه بالضرورة دون التجاء إلى التجربة ، وهو منهج العلوم الرياضية خصوصاً :

٢ — المنهج التجريبى ويشمل الملاحظة والتجربة معاً وهو الذى نبدأ فيه من جزئيات أو مبادئ غير يقينية تماماً ونسير منها معمين حتى نصل إلى قضايا

$$\text{الجيب} = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}} = \text{sine} \quad \text{المقابل للزاوية } \alpha$$

$$\text{جيب التمام} = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} = \text{cosine}$$

$$\text{المماس} = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \text{tangent}$$

$$\text{قاطع التمام} = \text{cosecant} = \text{عكس الجيب}$$

$$\text{الناطح} = \text{secant} = \text{عكس جيب التمام}$$

$$\text{ظل التمام} = \text{cotangent} = \text{عكس المماس}$$

أما مساحة أى قوس من شبه الدائرى فتساوى : $\frac{1}{2} \pi r^2$

وطول أى قوس من شبه الدائرى يساوى : $r \alpha$

حيث α هى نصف قطر الدائرة المدارة

المعادلات الپرمرتية : المنحنى المستوى يمثل عادة بمعادلة واحدة ذات متغيرين يمثلان إحداثيات متعامدة أو إحداثيات قطبية . وفى بعض الأحيان يستحسن تمثيل المنحنى بمعادلتين تعبران عن الإحداثيات منفصلة ، بمعونة متغير ثالث يسمى الپرمرتر ؛ وحينئذ تسمى هذه المعادلات بـ « المعادلات الپرمرتية » . ويمكن أيضاً إيجاد معادلات پرمرتية للسطوح والمنحنيات الفراغة .

عامة ، لاجئين فى كل خطوة إلى التجربة كى تضمن لنا صحة الاستنتاج ؛ وهو منهج العلوم الطبيعية على وجه التخصيص ؛

٣ - المنهج الاستردادى أو المنهج التاريخى وهو الذى يقوم فيه باسترداد الماضى تبعاً لما تركه من آثار ، أياً كان نوع هذه الآثار ؛ وهو المنهج المستخدم فى العلوم التاريخية والأخلاقية .

٤ - ونستطيع أن نضيف إليها منهجاً رابعاً هو المنهج الجدلى الذى يحدد منهج التناظر والتحاور فى الجماعات العلمية أو فى المناقشات العلمية على اختلافها . ولا يمكن هذا المنهج أن يأتى بثمار حقيقية إلا إذا أسعده المناهج الثلاثة السابقة .

الباب الأول

المنهج الاستدلالي

الفصل الأول

تطور العلوم الرياضية^(١)

٦ — كل معرفة تبدأ من الحس ، وتطور من المحسوسات إلى المجردات . والمعرفة الرياضية ، ولو أنها تبدو كأنها مجردة بطبيعتها ، فإنها هي الأخرى قد تطورت على هذا النحو كذلك .

وأول ما يدرك من المحسوس هو الامتداد ؛ ولذا كانت الهندسة أول العلوم الرياضية في النشأة . والآثار الأولى التي لدينا عن فكرة الامتداد لدى الأقدمين تكاد ترجع إلى حوالي سنة ١٠٠٠٠ قبل الميلاد ، وذلك في تلك الرسوم التي نراها في كهوف عصر البرونز ، والتي تعطينا فكرة عن المحاكاة . غير أن هذه الرسوم لا تكشف لنا عن فكرة واضحة في المكان ،

(١) مراجع في فلسفة الرياضيات :

L. Brunschvicg : *Les étapes de la philosophie mathématique*, 2e éd., 1922, Paris.

Phil. Chaslin : *Essai sur le mécanisme psychologique des opérations de la mathématique pure*, Paris 1926, pp. 271.

Dubislav : *Die Philosophie der Mathematik in der Gegenwart*, Berlin 1932, pp. 88.

L. Fischer : *Die Grundlagen der Philosophie und der Mathematik*, Leipzig, 1933, pp. 180.

J. Pacotte : *La Pensée mathématique contemporaine*, Paris, 1925, pp. 126.

P. Broussier : *L'Idéal scientifique des Mathématiciens*, Paris, 1920, pp. 374.

Hilbert & Bernays : *Grundlagen der Mathematik*, Berlin 1934, pp. 471.

إذ تنقصها جميعاً فكرة المنظور ؛ ولكنها تمثل مع ذلك درجة من التجريد ، لأنها تتجرد عن الحجوم الأصلية للأشياء الطبيعية ، وتقتصر على النسب بين أجزائها .

ثم نرى بعد ذلك عند المصريين خطوة واسعة جداً في سبيل التجريد : فقد تطورت فكرة المحاكاة إلى درجة من الدقة الكبيرة ، وروعت النسب بين الأجزاء بطريقة بالغت في الضبط والدقة ، خصوصاً وأنهم عنوا بالمساحة لمعرفة الحدود بين الأراضي بعد الفيضان ، مما أدى بهم إلى الاشتغال بمسائل الهندسة ، ولو بطريقة عملية . كذلك عنى البابليون بدراسة ما يتصل بالنجوم من أجل قياس الزمان والاسترشاد في الملاحة بالكواكب ، مما أدى بهم أيضاً إلى عدد غير قليل من الحقائق الهندسية^(١) .

والهندسة في هذا الدور كله كانت حسية مرتبطة بالموضوعات الخارجية ، والحقائق التي وصلت إليها ضئيلة عملية غير دقيقة . فالبابليون والعبريون^(٢) قد عرفوا أن النسبة بين المحيط والقطر تساوى ٣ ؛ والمصريون قالوا إن مساحة المثلث هي حاصل ضرب نصف الضلع الأكبر في الضلع الأصغر . كل هذا دون أن يقدموا عن هذه القضايا الهندسية أية برهنة عقلية ، بل اعتمدوا على التجربة العملية وحدها في الوصول إليها . والصينيون والمصريون^(٣) قد عرفوا كذلك

(١) للتذكرة :

النسبة بين المحيط والنصف هي $\frac{2}{\sqrt{3}}$ أى ط ٣١

مساحة الدائرة : ط نق^٢

طول المحيط : ٢ ط نق

مساحة المثلث : القاعدة × نصف الارتفاع

(٢) التلوك الأول ، أصحاح ٧ ، آية ٢٣ ؛ الأخبار الثاني ، أصحاح ٤ ، آية ٢

=

(٣) فيما يتعلق بالهندسة عند المصريين راجع :

خاصية الوتر في الثلث القائم الزاوية ، ولكنها معرفة تجريبية كذلك حصلوها بواسطة الملاحظة .

أما فكرة العدد فقد تأخرت قليلا في تكوينها عن فكرة المكان . ومع هذا فإننا نراها في أزمنة متقدمة جداً . بل أكثر من هذا نراها عند بعض الحيوانات العليا ؛ فالتجارب التي قام بها رومانس Romanès دلت على أن الشبانزى يستطيع العد حتى ٥ وأن يميز بين الكلمات التي تدل على ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، وأن يقدم عدد أعواد الحشيش الذي يطلب إليه تقديمه . والرجل البدائي يلجأ إلى طريقة مشابهة في العد لطريقة الشبانزى ، وهي أن يستخدم أشياء مادية لا يستطيع تغييرها القيام بهذه العملية ، خصوصاً أصابع انيد ، ولعل هذا هو الأصل في النظام العشري المستعمل في العد الآن ، فإن أصابع اليد عشرة . ولذا نراه يربط العدد باليد الواحدة إذا كان خمسة ، وباليدين إذا كان عشرة ، وبالرجل الكامل إذا كان ٢٠ لأنه يستخدم أيضاً القدمين .

أما فكرة العدد المجرد ، فلا زالت تعوزه بعد . ذلك أن العدد المجرد تقتضى فكرته أن تكون لدى المرء فكرة أولاً عن « الوحدة » ، وثانياً عن « المجموعة » .

أما فكرة « الوحدة » فقد فسر أصلها علماء التنس على أنحاء عدة . فبعضهم قال إنها ترجع إلى كيفية معينة للإدراك الخارجى أو الباطن يتخذها المرء دون غيرها ؛ قال عنها فريق إنها اللمس ، فحيث يوجد ملاء وخلاء ، يوجد انفصال ،

A. Eisenlohr : *Ein mathematisches Handbuch der alten Aegypter*, 2.A. Leipzig, 1891 ;

G. Cantor : *Vorlesungen über die Geschichte der Mathematik*, chap. ii ;

J. Gow : *A. short history of Greek Mathematics*, Cambridge, 1884, arts. 75, 76 ;

E. Weyr : *Die Geometrie der alten Aegypter*, Wien. 1884.

والانفصال يدل على الكثرة ، والكثرة تعطى فكرة الانتقال من وحدة إلى أخرى ، أى فكرة العد . وفريق آخر قال إن كيفية الإدراك هنا هى الإبصار ، فإن إدراك الصور الحسية التى تحدث فى وقت واحد ، يمكن من إدراك فراغ بينها ، وبالتالي يعطى فكرة الكثرة ، وتبعاً لهذه ، فكرة العد . وفريق ثالث جعل هذا راجعاً إلى السمع : وذلك أننا نميز بين أصوات متتالية تفصل بينها وبين بعض فترات سكون ، وهذا يعطى فكرة الكثرة والوحدة .

وهناك طائفة أخرى من علماء النفس تعزو فكرة الوحدة إلى التجربة الباطنة ، فالشعور بوحدة الذات هو الأصل فى الشعور بفكرة الوحدة الرياضية . وهو واضح أن هذا رأى غير وجيه ، لأن الشعور بأن الذات وحدة لا يأتى إلا بعد تقدم فكرى طويل .

ولكن جاء وليم جيمس ففسر الأصل فى هذه الفكرة بطريقة أقرب إلى الصواب فقال : « يبدو أن العدد يدل فى أصله على الأفعال المختلفة لانتباهنا حين نحاول التمييز بين الأشياء . فهذه الأفعال تبقى فى الذاكرة على هيئة مجموعات ، كبيرة أو صغيرة ، يمكن أن يقارن بين بعضها وبعض » (علم النفس ، ترجمة فرنسية ، ج ٢ ، ص ٢٦٣) . فكان فكرة الوحدة تنشأ إذن من التجريد الذى نجريه ونحن نعمل أفعال الانتباه بعضها عن بعض . ولكنها لا تأتى واضحة ، بل لا بد من تطور طويل حتى نصل إلى إدراك فكرة الوحدة المجردة كما يفهمها الرياضيون ، حتى إن هذه الفكرة لا تزال حتى اليوم ، وبعد كل هذا التطور فى فهم أصول الرياضة ، غامضة بعض الشيء ، أو موضوعاً للنقاش .

ونحن قد رأينا فى هذا أن فكرة الوحدة قد تكونت فى نفس الآن الذى وجدت فيه فكرة الكثرة ، والواقع أن الفكرتين متضايفتان . وهما إذا ما جمعنا أعطيتا فكرة العدد ، لأن العدد مجموعة من الوحدات ، والعد هو تجميع عدة

وحدات بطريقة دقيقة . والعذ يكون أصلياً إذا كان المطلوب معرفة عدد الوحدات التي تتضمنها مجموعة ما ، ويكون ترتيبياً ordinal إذا كان المطلوب ، إلى جانب هذا ، ترتيب كل الحدود المكونة للمجموعة ، بوضع كل حد في مرتبة معلومة . ويبدو أن فكرة العدد الأصلي Cardinal قد سبقت فكرة العدد الترتيبي ، لأن هذه أكثر تعقيداً .

وفكرة الكثرة تأتي هي الأخرى عن التجربة الحسية ، وترتبط بها في مراتبها البدائية ، إذ بينت التجارب التي قام بها Binet أننا لو وضعنا أمام طفلة عمرها أربع سنوات لا تعرف العد ولا القراءة مجموعتين إحداهما من ١٥ عوداً ، والأخرى من ١٨ عوداً من طول واحد ، موضوعة على مسافة واحدة ، فإن الطفلة تميز بسرعة المجموعة الكبرى من الصغرى . أما إذا كانت الأعواد التي تكون الكبرى أقصر من تلك التي تكون الصغرى ، فإن الطفلة تخطئ دائماً ، فتظن أن المجموعة ذات الأعواد الأطول حجماً أكبر من تلك التي تكون فيها الأعواد أقصر . وهذا يدل على أن الطفلة تقدر العدد تبعاً للامتداد ، لا تبعاً للعدد ، أي تبعاً للمقدار المتصل ، لا وفقاً للمقدار المنفصل . وهذه النتيجة تتأيد أيضاً بما نشاهده لدى البدائيين من أنهم يربطون الأعداد دائماً بأشياء ممتدة مثل الأصابع أو القطع الخشبية .

وأصول الحساب قد تطورت على هذا الأساس ، فكانت في البدء حسية تخيلية تقوم على أساس إضافة أشياء مادية بعضها إلى بعض . ولم تظهر عملية الضرب إلا متأخراً ، وكان الجمع يقوم مقامها .

فنحن إذا تتبعنا هذا التطور ، وجدنا أن العمليات الأولى التي يمكن إجراؤها على الأعداد قد قام بها المصريون والكلدانيون والفينيقيون . ولكن طريقة العد

لديهم كانت لا تزال قاصرة ، إذ كانت لا تكاد تتجاوز المقادير التي نالقيها في التجارب العملية ؛ والعمليات التي يعبرونها على الأعداد تتصل هي الأخرى بما يشاهد في التجربة وبالموضوعات الحسية . فإتنا نجد حتى الرومانين أنفسهم يستعينون في العد بالحصى . وعند المصريين لم يكن يعرف من الكسور إلا ما يكون البسط فيه العدد واحد ، فيما عدا $\frac{2}{3}$ ، $\frac{2}{4}$ ؛ لأن تقسيم شئ إلى أجزاء سهل يسير ؛ ولكن عنية الجمع والطرح والضرب والقسمة بواسطة كسور الوحدة تحتاج إلى ملكة للتجريد كبيرة . ولذا نرى في ورقة البردى الهيراطيقية المعروفة باسم ورقة أحمس — نسبة إلى كاتبها ، وهي ترجع إلى أكثر من ألف سنة قبل الميلاد — أن الجزء الأول من هذه الورقة قد كرّس لرد الكسور التي على الصورة $\frac{2}{1+2}$ إلى مجموع من الكسور البسط في كل منها هو العدد واحد ؛ فأحمس يقول مثلاً إن $\frac{2}{3}$ هو حاصل جمع $\frac{1}{3}$ ، $\frac{1}{6}$ ، $\frac{1}{174}$ ، $\frac{1}{232}$ ؛ وفي كل الأمثلة يكون ع أقل من ٥٠^(١) . ويظهر أنه قد اعتمد في تكوين الكسور على التجريب وحده ، لأنه لا يذكرنا القاعدة التي سار عليها في استخراج الإجابة عن المسائل التي وضعها . ومن هذا يشاهد كذلك أنهم كانوا يحاولون رد الكسور دائماً إلى كسور بسطها ١ ، ثم يجمعونها بعد ذلك ؛ وهي طريقة استمر يستخدمها اليونانيون أيضاً حتى القرن السادس الميلادى . أما الرومانيون فقد استعملوا طريقة كالتي نستعملها اليوم في جمع الكسور ، وهي طريقة توحيد المقامات : إذ كانوا غالباً يوحّدونها ويجعلونها مساوية للعدد ١٢ ، ويعبرون عن الكسر بالتقريب على أساس $\frac{1}{12}$.

(١) $0.689650 = \frac{2}{3}$

$0.689662 = \frac{2}{3} + \frac{1}{232} + \frac{1}{174} + \frac{1}{6}$

والعمليات الحسابية كانت أيضاً عند المصريين مقصورة تقريباً على الجمع والطرح . فالضرب قد ردت إلى الجمع ؛ والقسمة ردت إلى الطرح . فحين يراد مثلاً ضرب عدد وليكن ا في العدد ١٣ فإنه يبدأ بضربه في ٢ وذلك بإضافة مثيله إليه ، فيصل إلى ١٢ ، ثم يضاعف الناتج فيصبح ١٤ ، ويضاعف مرة أخرى فينتج لديه ١٨ ، وأخيراً يجمع ١ ، ١٤ ، ١٨ . أما القسمة فليس من الثابت يقيناً أنها تجري بتكرار عملية الطرح ، لأن أحسن لا يذكر لنا ذلك صراحة .

كما كان لدى قدماء المصريين ، بشهادة ورقة أحسن هذه ، فكرة عن الرموز . فالكمية المجهولة تُمثل دائماً بالرمز الدال على الكومة ؛ والجمع يمثل أحياناً بزواج من الأرجل يسير متقدماً ، والطرح بزواج من الأرجل يسير متقهقراً أو بطيران أسهم ؛ والتساوى يرمز إليه بالعلامة ^(١) > .

وعلى الرغم من أن النتائج التي وصلت إليها الرياضيات المصرية عظيمة في بعض الأحيان ، فإن خلو الوثائق التي لدينا من كل إشارة إلى القواعد النظرية التي تستخرج بها هذه النتائج تبرر الحكم الذي أصدره عليها اليونانيون حين نعتوها بأنها طائفة من الوصفات النفعية والوسائل العملية ، غير القائمة على قواعد نظرية مما لم يجعل المصريين يصلون إلى وضع « علم » الحساب بمعنى الكلمة ، « لأن علم الحساب يفترض — وهذا ما يبدو أن المصريين لم يدركوه في الواقع — العدد وقد صار بنفسه موضوعاً للامثال وأخذ بصراحة على أنه أساس نظام من البراهين المنتظمة » ^(٢) .

(١) راجع روز بول : « عرض موجز لتاريخ الرياضيات » ، ص ٣ — ٥ ، لندن سنة ١٩٤٠

(ط ١ سنة ١٨٨٨) .

W. W. Rouse Ball : A short account of the History of Mathematics.

(٢) ليون برنثفج : مراحل الثقافة الرياضية . ط ٢ باريس سنة ١٩٢٢ ، ص ٣١ .

٧ — والنتيجة التي نستخلصها من هذا العرض لتطور الرياضيات في مرحلتها الأولى هي أن الرياضيات كانت في ذلك الدور طائفة من الملاحظات والوصفات التجريبية المرتبطة تمام الارتباط بالامتثال الحسي والعيان التجريبي ، وأنها لم تبلغ بعد درجة التجريد الكافية لكي تكون علماً نظرياً . ولذا تسمى هذه المرحلة بالدور السابق على الأدوار العلمية .

ويمكن أن نعلل ذلك أولاً من ناحية التقدم العقلي ، وثانياً من ناحية الغاية المطلوبة منها في ذلك الحين . فمن الناحية الأولى يلاحظ أن إدراك العدد كموضوع مجرد عن الأشياء المحدودة يحتاج إلى ملكة للتجريد كبيرة لم يتبها بعد لهذه الشعوب في تلك الفترة ؛ إذ المعرفة كما قلنا تبدأ من المحسوس ونستمر منه إلى المجرد ، والعقل لم يكن قد تطور بعد بدرجة كافية يتبها له معها أن يصل إلى هذا التجريد . والأمر كذلك بالنسبة إلى الهندسة النظرية ، فإنها تقوم على إدراك النسب المجردة عن كل تصوير حسي معين ، وهذا يحتاج كذلك إلى ملكة للتجريد نامية .

ومن ناحية أخرى يلاحظ أن الرياضيات كانت تطلب حينئذ لتحقيق فائدة عملية محدودة ، هي التجارة والصناعة الفنية : والمهم حينئذ سيكون الوصول إلى نتائج عملية ، لا البحث عن الأسس النظرية . فالحساب كان يطلب ليستعان به في تداول السلع ؛ والهندسة كان الغرض منها إيجاد وسيلة لمساحة الأراضي ؛ والفلك كان ينشد لبيان الاتجاهات وقياس الزمان . وإذا كانت تلك هي الغاية من الرياضيات فمن الطبيعي ألا تقوم كعلم نظري ، لأن هذا لا يتم إيجاداً إلا إذا تنزه عن الغاية العملية ، ولو مؤقتاً ، كي ينصرف إلى البحث في الأسس النظرية .

فالرياضيات إذن قد تطورت ، كما يقول أبيل ريه Abel Rey « من العيني إلى المجرد ، ومن العيان التجريبي إلى التركيب العقلي ، ومن الوقائع الجزئية إلى

الإدراك المجرد لما بينها من نسب ، ومن البحث النفعي إلى البحث الدقيق
النزيه . وها هنا مسألة عما إذا كانت الرياضيات ، إبان هذا التطور ، قد تغيرت
إلى درجة أنها قطعت كل صلة بينها وبين أصولها التجريبية ، أو إذا كانت لاتزال
تحتفظ بشئ ، يربطها بخطواتها الأولى . وهى مسألة تكون مشكلة المثالية
والتجريبية فى الرياضيات ، فالنزعة الأولى تقول بإخل الأول ، والثانية بالثانى «
(« دروس فى الفلسفة » ، ج ٢ ، ص ٤٠ - ٤١ ، باريس سنة ١٩٢٥) .

٨ - الدور العلمى عند اليونان :

إنما أصبحت الرياضيات علماً بالمعنى الحقيقى عند اليونانيين . إذ تتميز عندهم
بأنها أولاً : نظرية ، بمعنى أن القاعده والبرهان فى استخراج النتائج يذكران
ويوضحان بطريقة عقلية منطقية ابتداءً من مبادئ يستخرج منها كل ما تسمح
باستنتاجه منها : ثانياً : مجردة ، فبعد أن كانت مرتبطة بالأشياء المحسوسة من
سطوح أو خطوط أو معدودات نراها تبحث فى الروابط المجردة الموجودة بين
الموضوعات المحسوسة ، بصرف النظر عن الموضوعات نفسها ، وهذا أضفى عليها
طابعاً كلياً عاماً . ولكن هذا ليس معناه أن الرياضيات عندهم ، وبخاصة الهندسة ،
قد قطعت صلتها بالتجربة الحسية ، بل كل ما فى الأمر أنها سارت شوطاً بعيداً
فى سبيل التجريد . والميزة الثالثة التى هى نتيجة للميزتين الأوليين أن الرياضة
قد أصبحت علماً عقلياً ، إذ قامت على أساس الارتباط العقلى الضرورى بين قضايا
بعضها وبعض تستخرج بواسطة الاستدلال المنطقى الخالص الذى لا يكاد أن
يستعين بالتجربة إلا من أجل التوضيح وتيسير الفهم فحسب .

والصورة العليا للرياضيات اليونانية تراها فى كتاب «أصول الهندسة» لإقليدس ؛
فهو كتاب يتضمن عرضاً منظماً للقضايا الرئيسية فى الهندسة العددية الأولية (فيما

عدا القطاعات المخروطية) ولنظرية الأعداد . والقضايا قد وضعت فيه على نحو يجعلها تكون سلسلة من البراهين الرياضية المبتدئة من افتراضات بسيطة هي التعريفات والمصادر والبديهيات لكي تنتقل منها إلى نسب أكبر وأكثر تركيباً على أساس استدلال دقيق . ولذا يمكن أن يُعدّ هذا الكتاب نموذجاً تطبيقياً رائعاً للمنهج الاستدلالي الذي عرضه أرسطو في « التحليلات » . وفيه تركزت كل الجهود التي قام بها الرياضيون اليونانيون السالفون ، بعد أن وضعت في صيغة منطقية دقيقة . فبعد أن كانت البراهين عند فيثاغورس غير دقيقة بدرجة كافية ، أصبحنا نرى عند إقليدس عرضاً محكماً عقلياً للبراهين الهندسية .

ولم تتطور الهندسة اليونانية بعد هذا الكتاب تطوراً يستحق الذكر ؛ بل عجمت الروح اليونانية بعده واستمر هذا العجم إلى العصر الحديث حين جاء ديكارت بهندسته التحليلية . ولهذا يجب علينا أن نعبّر هذه الفترة الطويلة بين إقليدس (٢٧٥ ق . م) في القرن الثالث قبل الميلاد حتى ديكارت في القرن السابع عشر بعد الميلاد لنصل إلى جديد في علم الهندسة .

٩ — الهندسة التحليلية :

وهنا يلاحظ أن تكوين الهندسة التحليلية لا يرجع الفضل فيه إلى ديكارت وحده ، بل يجب أن نعزو شيئاً من الفضل في ذلك إلى فرما ، فإن كتابه بعنوان : « المدخل إلى المحالّات المستوية والمجسّمة ^(١) » يتضمن مبدأ الهندسة التحليلية مصوغاً في أوضح عبارة حتى قال كاتتور : « إن ديكارت لم يصف تعيين المعادلة لحل هندسي بمثل الوضوح الذي أبداه فرما في مستهل كتابه « المدخل » . (محاضرات في تاريخ الرياضة » ، ج ٢ ، ص ٨١٧ ، ط ٢) . وفرما قد تأثر في هذا

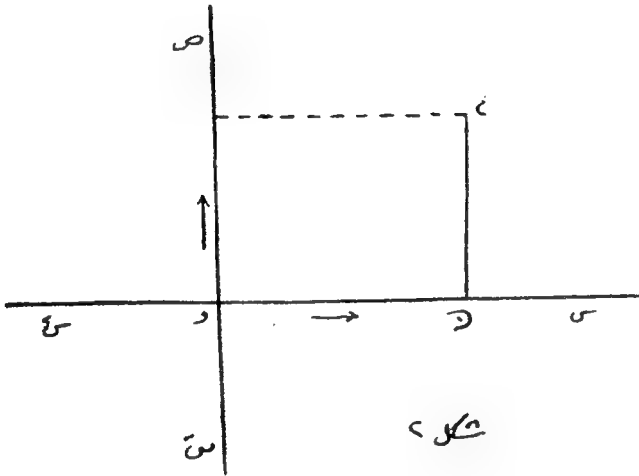
أولاً بأبحاث أبلونيوس البرجاوى عن القطاعات المخروطية ، ثم بأبحاث نيغولا دورم Nicoals d'Oresme المتصلة بتعيين تغيرات الكتل وهماً للاحداثيات ، أى تحديدها بمخطوط .

ولكن الفضل الحقيقى فى إيضاح استخدام الإحداثيات فى تعيين النقطة يرجع إلى ديكرات ، خصوصاً وأنه زيادة فى الإيضاح قد استخدم الإحداثيات المتعامدة ، التى عرفت من بعد باسمه . والجديد فى هذه الهندسة أنها خطوة هائلة فى سبيل التجرد من التجربة والرسوم . وهى خطوة ما كانت لستم إلا بفضل تكون الجبر قبل ذلك بقليل على يد فيت Viète . فإذا كان هذا قد استغنى عن الأعداد بالحروف ، فإن ديكرات فى هندسته الجديدة سيستغنى عن النقط والمخطوط والمجسمات — بالحروف ، وبذا تهمل الأشكال الهندسية المحددة ، لى يقتصر على النسب الرياضية العامة المجردة . فهذه الهندسة التحليلية ترد المقادير الهندسية إلى مقادير جبرية ، حتى إنه سيكون فى الوسع بواسطة الجبر أن يبرهن على كل الخواص الهندسية . وذلك لأن كل نقطة فى مستوي يمكن أن تحدد ببعدها عن خطين متقاطعين عمودياً فى هذا المستوى . فإذا فرضنا مثلاً أن s و s' ص و s'' هما مستقيمان ثابتان يتقاطعان عمودياً فى o ؛ وأن e نقطة معلومة فى مستويهما فإننا إذا رسمنا e موازياً s و e' وقاطعاً s' فى e' ، فإن من الواضح أن e يمكن أن تعين إذا علمنا ، أولاً :

المسافتين oe و oe' ، e . ثانياً : الاتجاه الذى تقاس فيه كل من هاتين المسافتين . والمستقيم s ، s' يسمى محور السينات ، والمستقيم s'' يسمى محور الصادات ، وتسمى نقطة تقاطعهما نقطة الأصل ؛ ويسمى o الإحداثى السينى للنقطة e ، ويرمز له بالرمز x e الإحداثى الصادى للنقطة e ،

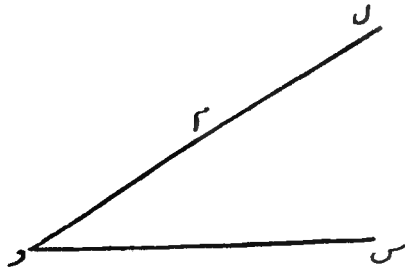
ويرمز له بالرمز σ : ويرمز للنقطة ϵ بالرمز (σ, ϵ) . والمسافات التي تقاس في اتجاه σ ، و σ تعد موجبة : بينما تلك المقاسة في اتجاه σ ، و σ تعد سالبة^(١) . هذا إذا كانت الاحداثيات ديكارتية ؛ أما إذا كانت قطبية فإن النقطة يمكن أن تحدد ببُعدها عن نقطة أخرى في المستوى والزاوية المتكونة عن المستقيم الممتد بين النقطتين والمستقيم المتوازي للاحداثى السيني^(٢) . وكل

(١)



شكل ١

(٢)



شكل ٢

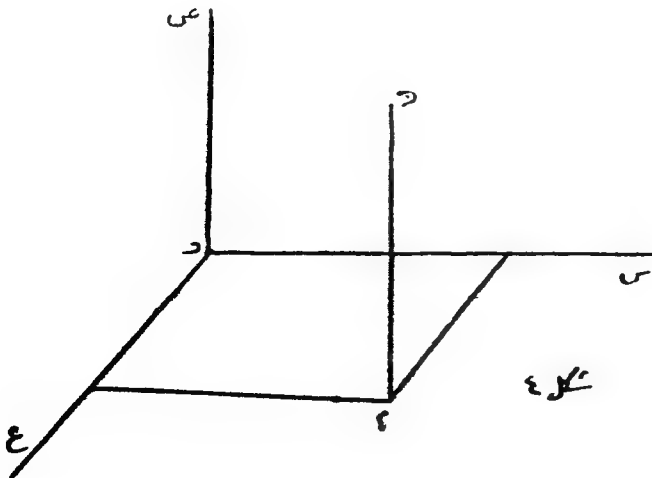
الاحداثيات القطبية للنقطة ϵ هي البعد الموجه σ ول الزاوية الموجهة σ ول . والبعد الموجه ول يسمى الكمية المتجهة النظرية radius vector للنقطة ϵ . والزاوية الموجهة σ ول تسمى الزاوية القطبية للنقطة ϵ

شكل هندسى فى الهندسة المستوية يمكن أن يحدد بنقط يمكن إذن أن يحدد بواسطة مقادير جبرية تمثل المسافات بين هذه النقط وبين المحاور . أما فى حالة الهندسة الفراغية ، فإننا نضيف إحداثيًا ثالثًا ، وحينئذ تتعين النقطة بواسطة المستقيم الواصل من هذه النقطة إلى نقطة الأصل وبواسطة الزوايا الثلاث التى يكونها هذا المستقيم مع المحاور الثلاثة^(١) . ولكن ديكارت لم يحصر همه إلا فى الهندسة المستوية ، وإن كان قد أشار إلى كيفية تحديد النقطة فى الفراغ .

١٠ — الهندسة الوصفية :

وفى أواخر القرن الثامن عشر نشأت هندسة تطبيقية هى المعروفة بالهندسة الوصفية ، أنشأها الرياضى الفرنسى المشهور جاسبار مونج Gaspard Monge (١٧٤٦ — ١٨١٨) ، وعرضها فى المحاضرات التى ألقاها فى مدرسة الهندسة بباريس ونشرت سنة ١٨٠٠ بعنوان : الهندسة الوصفية Géometrie descriptive وفيها عرض نظرية المنظور وكيفية تمثيل الأشكال الهندسية الفراغية بواسطة أشكال هندسية ذات بعدين أى فى مستو ، واستخدم لهذا قطرين أحدهما

(١)



المستوى والآخر المسقط الرأسى . وبلغ فى دراسة هذه المسائل مبلغاً جعل تكون هذا العلم سريعاً . وموضوع هذا العلم البحث فى تمثيل الأشكال الهندسية الفراغية تمثيلاً بيانياً على سطح مستو ، أى فى بعدين . ويشترط فى هذا التمثيل أن يكون دقيقاً بحيث تكون النسب ممثلة تمثيلاً دقيقاً بين الحجم والرسم البيانى له . والفكرة الأصلية التى يقوم عليها هى فكرة الإسقاط . ومعناها أن نفترض فى الفراغ نقطة ثابتة يطلق عليها مركز الإسقاط ، نصلها بواسطة مستقيمت « إلى نقط المجموعة الفراغية المراد تمثيلها . فإذا تقاطعت هذه المستقيمت التى يطلق عليها اسم الأشعة الإسقاطية مع مستو معلوم يسمى مستوى الإسقاط ، فإن نقط التقاطع يتألف منها الشكل البيانى المطلوب الممثل للمجموعة ، والذي يسمى لذلك مسقط المجموعة الفراغية من المركز المعلوم على المستوى المعلوم . فإذا كان مركز الإسقاط على بعد ، أطلق على هذه الطريقة اسم طريقة الإسقاط المركزى أو المنظور . أما إذا تصورنا ابتعاد المركز إلى ما لا نهاية فإن الأشعة الإسقاطية تؤول إلى مستقيمت توازى جميعاً اتجاهات ثابتة ؛ ويسمى الإسقاط فى هذه الحالة إسقاطاً متوازياً ، كما يسمى الاتجاه الثابت اتجاه الإسقاط . ويكون الإسقاط المتوازى مائلاً أو عمودياً على حسب كون اتجاه الإسقاط مائلاً أو عمودياً على مستوى الإسقاط . » (« الهندسة الوصفية » للدكتور على مشرفة والأستاذ محمد إلهامى الكردانى ، ص ٢ — ٣ ، القاهرة سنة ١٩٣٧) .

وهذه الهندسة لا تمثل درجة من التجريد ظاهرة إلا بالنسبة إلى الممار العملى ؛ ولكنها عيانية ، كما هو طبعى ، نظراً إلى أنها تتصل بمسائل عملية خالصة .

١١ — إنما التطور فى التجريد قد تم خصوصاً فى القرن التاسع عشر حين بدأ علماء الهندسة ينظرون فى الأسس نفسها التى تقوم عليها الهندسة التقليدية ، أعنى الهندسة الإقليدية . فهذه الهندسة تقوم على طائفة من المصادر والبديهيات أهمها ثلاث :

١ — بين نقطتين لا يمرُّ غيرُ مستقيم واحد؛

٢ — المستقيم هو أقصر خط بين نقطتين؛

٣ — من نقطة لا يمكن إمرار غير مواز واحد لمستقيم معلوم .

وعلى الرغم من أن هذه القضايا ينظر إليها على أنها أولية ، أى غير قابلة للبرهنة ، فإن ثمة محاولات قد قامت مع ذلك للبرهنة عليها ؛ فالثانية يبرهن عليها كما هو معروف في نظرية ١٢ (في الكتب الهندسية العربية) ، إذ يمكن استنتاجها من البديهيتين الآخرين ومن بديهيات أخرى . ولكن هذه المحاولات قد أخفقت كلها بالنسبة إلى الثالثة ، المعروفة عادة باسم مصادرة إقليدس .

وهنا وفي أوائل القرن التاسع عشر جاء عالمان أحدهما روسي والثاني هنغاري ألا وهما لوبتشفسكى وبوليائى Bolyai وأثبتا بطريقة لا يمكن دحضها أن البرهنة على مصادرة إقليدس مستحيلة .

وهذه المسألة قد أثبتت لأول مرة بوضوح على يد ج. ساكيري J. Saccheri في سنة ١٧٣٣ . ثم عنى بهان . لوبتشفسكى N. I. Lobachevsky (سنة ١٧٩٣ - سنة ١٨٥٦) في سنة ١٨٢٦ ثم في سنة ١٨٤٠ : ثم جاوس Gauss — من الممكن في سنة ١٧٩٢ ، ومن المؤكد في سنة ١٨٣١ و سنة ١٨٤٦ ؛ ثم ج. بوليائى J. Bolyai (سنة ١٨٠٢ - ١٨٦٠) في سنة ١٨٣٢ . ولكن هذه الأبحاث لم تثر اهتماماً كافياً بخطرات النتائج التي وصل إليها هؤلاء ، وإنما تم ذلك حين نشر ريمان Riemann رسالة بعنوان : « حول الفروض التي تقوم على أساسها الهندسة » Ueber die Hypothesen welche der Geometrie zum Grunde liegen ظهرت سنة ١٨٥٤ . فلفت النظر إلى إمكان وجود هندسات غير إقليدية . ومن هذا التاريخ تمت الأبحاث والدراسات المتعلقة

بهذه الهندسات الجديدة . موصفاً على يد بلترامى من بافيا (سنة ١٨٣٥ -
سنة ١٩٠٠) وهلمهولتز (سنة ١٨٢١ - ١٨٩٤) من برلين ، و س . ب . نرى
P. Tannery (سنة ١٨٤٣ - سنة ١٩٠٤) من باريس ، وكليـن F. C. Klein
من جينـنجن ، والفرد نورث هويتهد من كمبردج فى كتابه : الجبر الكلى .

أما هندسة لوبتشفسكى فقوم على أساس إنكار مصادرة إقليدس واستبدال
مصادرة أخرى بها هى : « يمكن من نقطة رسم موازيات عديدة لمستقيم معلوم »
والاحتفاظ مع ذلك ببقية البديهيات . ومن هذه المصادرة أنتج سلسلة من
النظريات ليس فيها أى تناقض ، مما أدى به إلى إقامة هندسة منطقية ، فيها من
الإحكام البرهانى الاستدلالى ، لا يقل مطلقاً عما فى الهندسة الإقليدية . وهذه
النظريات تختلف أحياناً إلى حد كبير جداً عما ألفناه من نظريات فى الهندسة
الإقليدية . فمن بينهما مثلاً نظرية تقول إن مجموع زوايا المثلث أصغر دائماً من قائمتين
والفارق بين هذا المجموع وبين قائمتين يكون بنسبة مساحة المثلث . ومن بينها
كذلك نظرية تقول إن من المستحيل رسم شكل مشابه لشكل معلوم يختلف عنه
فى الأبعاد . وعلى كل حال فإن قضايا هندسة لوبتشفسكى لا صلة لها مطلقاً بقضايا
هندسة إقليدس .

وجاءت هندسة ريمان مخالفة لكتبيهما . فهى تقوم على أساس إنكار ليس
فقط مصادرة إقليدس ، بل وأيضاً البديهية الأولى القائلة إنه لا يمكن أن يرسم
غير مستقيم واحد بين نقطتين . إذ بدأ ريمان بأن أنكر تصور المكان على أنه
مستو ، بأن نظر إليه على أنه كروى . وهذا المكان الكروى سيكون بلا حد ،
لأنه فى وسع المرء أن يسير قدماً على كرة دون أن يتوقف ؛ ولكنه كذلك نهائى
لأننا إذا لم نجد له حداً ، فإننا نستطيع مع ذلك أن ندور حوله دورة كاملة ، أى
مغلقة ، وبالتالى نهائية . وعلى هذه الكرة أو المكان الكروى لا يمكن غالباً

أن يرسم بين نقطتين غير دائرة كبيرة (تكون بمثابة المستقيم في المكان ذي السطح المستوي) ؛ ولكن حينما تكون النقطتان متقابلتين تقابلاً قطرياً ، فإن من الممكن أن يرسم بين هاتين النقطتين ما لا نهاية له من الدوائر الكبرى . وكذلك نرى أنه عادة أو غالباً لا يمكن أن يرسم غير مستقيم واحد بين نقطتين معلومتين ؛ ولكن ثمة أحوالاً شاذة يمكن فيها أن يرسم بين نقطتين ما لا نهاية له من المستقيمات .

ومن هنا اختلفت هندسة ريمان عن هندسة لوبتشفسكي اختلافاً يائساً : فمجموع زوايا المثلث يساوي قائمتين في هندسة إقليدس ، ويساوي أصغر من قائمتين في هندسة لوبتشفسكي ، ويساوي أكبر من قائمتين في هندسة ريمان . وعدد الموازيات التي يمكن أن ترسم موازية لمستقيم معلوم من نقطة معلومة يساوي : واحداً في هندسة إقليدس ؛ وصفرأ في هندسة ريمان ؛ واللانهائي في هندسة لوبتشفسكي .

وبعد هذا قامت محاولات أخرى لإنشاء هندسات جديدة ليس في وسعنا هنا الدخول في تفصيلها ، ومن أهمها هندسات فيرونيز Veronese وهابرت Hilbert التي سميها باسم المهندسات اللاأرشميدية ، لأنها تقوم على أساس رفض « بديهية أرشميدس » القائلة بأن أي طول معلوم ، يضرب في عدد صحيح كبير بدرجة كافية ، ينتهي بأن يفوق أي طول معلوم آخر أياً كان مقداره . أما في المستقيم اللاأرشميدي ، فالنقط التي تقول بها الهندسة العادية توجد كلها ، ولكن ثمة ما لا نهاية له من النقط الأخرى متداخلاً فيما بينها ، إلى درجة أن من الممكن إدخال ما لا نهاية له من النقط الجديدة فيما بين نقطتين تنظر إليهما الهندسة القديمة على أنهما متلاصقتان ^(١) .

(١) راجع في هذا كله : هـ . يونكاره : « العلم والقرص » ، ص ٣٠ .

تطور الحساب ونشأة الجبر .

رأينا كيف كان الحساب عند الشعوب السابقة على اليونان ، وكيف كان يقوم عندهم على قواعد عملية تجريبية ويرتبط بأشياء حسية مادية .

أما اليونانيون فقد تطوروا بالحساب إلى درجة من التجريد جعلته علماً مجرداً إلى حد بعيد . فقد ميزوا بين نوعين من العلوم الخاصة بالأعداد : نوع يسمى *logistique* والآخر يسمى *arithmétique* أى الحساب بالمعنى المفهرم . فالنوع الأول هو « فن » العدد ، والثاني هو « علم » الأعداد ؛ والأول عمل تجريبي ، والثاني نظري مجرد . وكانت الطريقتان تستخدمان معاً ، فلضرب عدد في ٧ مثلاً كان يثلث المضروب ويجمع إلى ضعفه ويضاف إلى نفسه ، أو يضاعف ثلاثة أضعافه ويضاف إلى نفسه . وكان يستعان في إجراء عمليات الضرب بلوحات تسمى *abacques* فيها سجلت نتائج العمليات المشهورة الاستعمال . أما علم الحساب فقد أقامه الفيثاغوريون ، وكان يختلف بعض الاختلاف عن الحساب كما لدينا اليوم ، إذ قد عنوا عناية خاصة ببيان الخواص العجيبة لبعض الأعداد وسلاسل الأعداد ؛ وميزوا بين أعداد زوجية ، وفردية ، وفردية زوجية معاً ، وأعداد أولية ، وأعداد تربيعية ومثلثية . ومن بين هذه الخواص نذكر على سبيل المثال القضية التالية : مجموع الأعداد الصحيحة المتتالية ابتداء من الوحدة يعطى عدداً مساوياً لنصف حاصل ضرب العدد الأخير في الذي يليه ، كما يلي :

$$\frac{(1+2)2}{2} = 1 + 2 + 3 + 000 + ع$$

وهذه الأعداد تسمى مثلثية *triangulaires* لأنها تعبر عن مساحة مثلث قائم الزاوية أحد أضلاع الزاوية القائمة فيه يزيد عن الآخر بواحد .

وكذلك : مجموع الأعداد الفردية المتتالية يساوى عدداً تربيعياً :

$$1 + 3 + 5 + \dots + (2e - 1) = e^2 .$$

ولكن أكثر هذه النتائج قد وصل إليها الفيناغوريون المتقدمون بطريقة تجريبية عملية ؛ ولم تصبح نظرية إلا في دور متأخر . والطابع المميز لعلم الحساب عندهم أنه مرتبط أشد الارتباط بالهندسة وهذا يظهر أولاً في تسمية خواص بعض الأعداد . فالأعداد الفردية كانت تسمى *gnomons* ، *γνομων* أى ربع الدائرة ، وكان يعد حاصل الطرح لعددين مربعين $(e + 1)^2$ و e^2 ؛ وحاصل جمع الجنومونات من ١ إلى $2e + 1$ يعد عدداً تربيعياً ، أعنى $(e + 1)^2$ ، وجذره التربيعي يسمى « ضلعاً » ؛ وحاصل الضرب لعددين كان يسمى سطحاً ؛ وحاصل ضرب ثلاثة أعداد يسمى عدداً مجسماً *nombre solide* ، وإذا كانت الأعداد الثلاثة متساوية تُسمى مكعباً .

وعلى هذا النحو استمر علم الحساب مرتبطاً بالهندسة والعيان الحسى عند اليونان ، إلى أن جاء ذيوفنطس فنظم الدراسات السابقة التي استعملت فيها الرموز بدلا من الأعداد حتى كوّن منها علماً قائماً بذاته هو الجبر .

أقام ذيوفنطس هذا العلم بأن استخدم رموزاً من الحروف الهجائية لتمثيل الكميات المجهولة في المعادلات ؛ غير أنه اقتصر على المعادلات ذات المجهول الواحد ، فكان يمثلها بالحرف ϵ أو σ ؛ وصرح المجهول يسمى القوة $\delta\nu\nu\alpha\mu\iota\varsigma$ ويرمز إليه بالحرف $\delta\nu$ ؛ والمكعب $\kappa\nu\beta\omicron\varsigma$ يرمز إليه بالحرف $\kappa\nu$ وهكذا حتى القوة أو الأس السادس . ومن هذا يتبين أن كل هذه الرموز هي اختصارات لألفاظ . ولكن هذا أيضاً لا يقلل من شأن هذه الحقيقة وهي أن في مجرد استخدام الرموز تحقيقاً لخطوة في التجريد هائلة ، وإن كانت الرموز قد استخدمت وقتاً للأحوال ، ولم توضع كنظام للقيام بالعمليات الجبرية بوجه عام .

إنما تطور الحساب تطوراً عظيماً لدى الهنود ، خصوصاً في القرنين الثاني عشر والثالث عشر بعد الميلاد ، فالجبر عند الهنود قد بدأ بأن أوجد أريابهاتا Arya Bhata التحليل الجبري ؛ وأعطى حل المعادلة التربيعية ، والحل بواسطة أعداد صحيحة لبعض المعادلات غير المتعينة من الدرجة الأولى ؛ وتدل حلوله للمعادلات العددية على أنه كان على علم بالنظام العشري للعد . وقد ولد سنة ٤٧٦ في مدينة بتنا Patna . ومن بعده جاء برهما جوبتا Brahina-gupta الذي كان يعيش حوالي سنة ٦٦٠ ، فحل المعادلات ذات الدرجة الثانية بطريقة عامة . ولا بد لنا أن نعرف فترة طويلة كي نجد رياضياً هندياً من الطراز الأول هو بهسكارا Bhaskara المولود سنة ١١١٤ ، صاحب كتاب ليلافاتي Lailavati في الحساب وفيه أعطى القواعد المألوفة الآن الخاصة بالجمع والطرح والضرب والقسمة ، والعمليات المشهورة في الحساب ، والمسائل الحسابية قد صيغت فيه وفقاً للنظام العشري المستعمل اليوم .

والتجديدات الرئيسية التي أتى بها الهنود في الحساب تتلخص أولاً في استعمال النظام العشري وذلك بترتيب الأرقام وفقاً لموضعها في الآحاد والعشرات والمئات الخ ؛ وثانياً في وضع القواعد الخاصة بالعمليات الحسابية الأولية ؛ وثالثاً في إدخال العدد « صفر » الذي يدل على ما وصل إليه الحساب عندهم من تجريد كبير .

وعن الهنود أخذ العرب . فقد ذكر صاعد الأندلسي في « طبقات الأمم » عند كلامه عما وصل إلى العرب من علوم الهند : « وما وصل إلينا من علومهم في العدد حساب « الفبار » الذي بسطه أبو جعفر محمد بن موسى الخوارزمي . وهو أوجز حساب وأهضمه ، وأقربه تناولاً ، وأسهله مأخذاً ، وأبدعه تركيباً ، يشهد للسند مذكاء الخواطر وحسن التوليد وبراعة الاختراع » (طبع مصر ص ٢١) .

ويظهر أن العرب قد عرفوا أعمال أريابهاتا وبرهما جوبتا ، كما يظهر خصوصاً من مؤلفات الخوارزمي .

وليس اجمال هنا مجال التحدث بالتفصيل عن الرياضيات عند العرب ، إنما نكتفي بأن نشير إشارة عابرة إلى أهم النتائج الجديدة التي وصلوا إليها . ولعل أهم شخصية جديرة بالذكر هي محمد بن موسى الخوارزمي ، الذي كتب كتاباً بعنوان « الجبر والمقابلة » اعتمد فيه على جبر برهما جوبتا ، كما اعتمد في بعض البراهين على اليونانيين في طريقتهم الخاصة بتمثيل الأعداد بواسطة الخطوط . وعلى أساس هذا الكتاب قامت دراسات الجبر في العصور الوسطى الإسلامية والمسيحية ، وبواسطته دخل النظام العشري بلاد أوروبا ، ومن هنا يعد ذا أهمية تاريخية عظيمة . والكتاب^(١) ينقسم إلى خمسة أقسام : في الأول منه قدم الخوارزمي القواعد الخاصة بحل المعادلات التربيعية بعد أن قسمها إلى خمسة أنواع هي : $اس^٢ = ب س$ ، $اس^٢ = ج$ ، $اس^٢ + ب س = ج$ ، $اس^٢ + ج = ب س$ ، $اس^٢ = ب س + ج$ ، حيث $ا$ ، $ب$ ، $ج$ أعداد موجبة وفي كل التطبيقات $ا = ١$. وهو لا ينظر إلا في الجنور الحقيقية الموجبة ، ولكنه يعترف بوجود نوعين من الجنور ، وهذا لم يعرفه اليونانيون^(٢) . وفي الثاني يعطى البراهين الهندسية على هذه القواعد . وفي الثالث ينظر في حاصل ضرب $(س ± ا)$ في $(س = ب)$. وفي الرابع يبين القواعد الخاصة بجمع وطرح الصيغ التي تتضمن المجهول ومربعه ، أو جذره التربيعي ؛ ويعطى القواعد المتعلقة بحساب الجنور ، وينتهي بوضع النظريتين التاليتين : $ا\bar{ا}ب = ب\bar{ا}ا$ ، $ا\bar{ا}ب = ب\bar{ا}ا$ ، $ا\bar{ا}ب = ب\bar{ا}ا$ والجزء الخامس والأخير يشتمل على بعض مسائل مثل إيجاد المدين الذين مجموعهما ١٠

(١) نضره ف . روزن F. Rosen ترجمة انجليزية ، لندن سنة ١٨٣١ .

(٢) يلاحظ أن الخوارزمي يسمى مربع العدد باسم : المال .

والفارق بين مربعيهما ٤٠ (١).

والملاحظ على جبر الخوارزمي أنه مختلط بالحساب إلى حد بعيد . وسنرى عند الخيام أن المعادلات قد اختلقت دراستها بالهندسة ، إذ هو يعالج المعادلات التكعيبية بطريقة هندسية ، وذلك بأن يستخرج الجذر كإحداثي سيني لنقطة تقاطع منحروط مع دائرة .

وفي عصره أيضاً كان الكرخي (المتوفى حوالى سنة ١٠٠٠ م) الذى عنى خصوصاً بالنظر فى الكميات الصماء .

وهذه الرياضيات العربية هى التى وصلت إلى أوروبا فى القرنين الثانى عشر والثالث عشر ، فأصبحت طريقة الحساب هى الطريقة العشرية . وهذه طريقة عملية من الطراز الأول ، عقلية إلى حد كبير .

ومن هذا الحين بدأ استعمال العلامات الدالة على العمليات الحسابية . أجل ، كان المصريون يستعملون نوعاً من العلامات للدلالة على بعض العمليات ، بأن كانوا يمثلون الجمع أحياناً بزواج من السيقان يسير إلى الأمام ؛ والطرح بزواج من السيقان يسير القهقرى أو بسهمان منطلقه ؛ والمساواة يرمزون لها بالعلامة < ولكن الرياضيات اليونانية لم تتقدم بهذه العلامات ولم تستعمل منها شيئاً . فنسيت تماماً ، إنما بدأت تظهر واضحة دقيقة وكما نستعملها اليوم ، فى أوروبا فى أواخر العصور الوسطى . فعلامه + و - — ترجعان إلى القرن الثالث عشر ؛ وعلامة المساواة لم تستعمل استعمالاً عاماً إلا فى أواخر القرن السابع عشر . أما الأس فيرجع إلى ما قبل القرن الرابع عشر إذ نرى الأس السالب مستعملاً فى القرن الخامس عشر والأس الكسرى فى الرابع عشر ، أما الصورة التى هو عليها اليوم

فتمود إلى ديكارت في كتابه في الهندسة التحليلية سنة ١٦٣٧ . وفي نهاية ذلك القرن السابع عشر ظهرت علامات الضرب والقسم .

واستعمال هذه العلامات له فائدة جلى . ففضلا عن أنها تفيد كثيراً في الاقتصاد وتسهيل القيام بالعمليات الرياضية ، وفضلا عن كونها لغة عامة للتفاهم بين العلماء ، فإنها تمثل درجة من التجريد كبيرة . « فنظام الرموز ، كما يقول أبل ريه (دروس في الفلسفة ، ج ٢ ، ص ٤٣ ، باريس سنة ١٩٢٥) ليس لغة حسنة الصنع فحسب ، بل هو أيضاً يدل على اللحظة التي صارت فيها الأفكار واضحة متميزة ، والتي أمكن فيها تنظيم العلم بطريقة عقلية ، والتي فيها صار العقل الإنسانى حائزاً للعناصر الحقيقية الضرورية له والتي ليست العلامات الرمزية غير أشياء تقوم مقامه » .

١٣ - تكوين الجبر :

ولكن الجبر لم يتكون بعد كعلم تام مستقل إلا على يد فرنسوا فيت François Viète الذى ولد في فونتنية قرب لاروشل سنة ١٥٤٠ . وتوفى بباريس سنة ١٦٠٣ . وكتابه الرئيسى في الرياضيات هو « للدخل إلى فن التحليل » In Artem Analyticam Isagoge الذى نشر سنة ١٥٩١ ، وفيه أوضح كيف يمكن تطبيق الجبر في حل المسائل الهندسية . وأهم ما أتى به فيه إصلاحه لغة الجبر ، خصوصاً في ناحيتين الأولى أنه رمز إلى الكميات المعلومة بالحروف الساكنة B, C, D, الخ ، وإلى الكميات المجهولة بالحروف الصائتة A, E, I, O, الخ مما يسر استخدام عدد من الكميات المجهولة . أما الطريقة المستعملة اليوم ، طريقة استخدام الحروف الأولى من الهجاء a, b, c, d, الخ للرمز بها إلى الكميات المعلومة ، واستخدام الحروف الأخيرة x, y, z, لتمثيل الكميات المجهولة ، فترجع إلى ديكارت في سنة ١٦٣٧ .

والناحية الثانية هي أنه كانت العادة جارية باستخدام حروف جديدة لتمثيل مربع أو مكعب (الخ) الكميات الواردة من قبل في المعادلات ، فمثلا إذا كانت R أو N تمثل X فإن Z أو G أو Q تمثل x أو x³ الخ . أما فييت فكان إذا استخدم A لتمثيل الكمية المجهولة س ، فإنه كان أحيانا يستخدم A quadratus A cubus لتمثيل x² و x³ الخ مما كان يوضح بسرعة الصلة بين القوى المختلفة . فمثلا لكتابة معادلة مثل : $5BA^2 - DA + A^3 = Z$ كان فييت يكتبها كما يلي B5 in A Quad. — D plano in A+A cubo aequatur Z solido . وفي هذا يلاحظ أنه لم يكن يستخدم علامة التساوى ، والعلامة = التي نستخدمها اليوم للدلالة على التساوى كان هو يستخدمها لتمثيل « حاصل الطرح بين كميتين » .

وكان لهذين الإصلاحين أثر كبير في تطور الجبر ، مما أدى إلى جعله علما يقوم بنفسه ، قد استغنى عن الأعداد قدر المستطاع ، وأصبح بهذا أكثر إيفالا في التجريد . إذ أفضى إلى وضع صيغ عامة مجردة لكل العمليات المشابهة وضمها تحت صيغة واحدة ، أيأ ما كانت مقادير الكميات المستخدمة .

١٤ — الميكانيكا :

الميكانيكا هي العلم الذي يدرس ظواهر الحركة بطريقة عقلية دقيقة . وهي تقيس ظواهر الحركة مهما تكن مركبة وكيفية : فسواء أردنا قياس شكل سحابة متغير ، أو مسقط مياه ، أو مقاومة الأجسام الصلبة المرنة ، فإن الميكانيكا تستطيع أن تحدد هذه الحركات والمقاومات مستعينة في ذلك بالأعداد .

والميكانيكا ليست علما وصفاً فحسب ، إذ هي لا تقتصر على تسجيل حركات الأجسام المادية ، بل تبحث عن علل هذه الحركات والقوانين التي وفقاً لها تحدث هذه العلل ما تحدث من حركات . فإذا ما عرفت الأحوال الأولى لنظام مادي

والتوانين التي تخضع لها تأثيرات الأجسام المتبادلة في هذا النظام فإنها تستطيع أن تحسب حركة هذه الأجسام فيما بعد.. ولهذا فإن الميكانيكا هي في جوهرها علم يستطيع أن يقدّر مقدماً .

ولما كان التطبيق الفنى الصناعى إنما ينشأ نتيجة لمعرفة الشروط الأولية وما ينتج عنها من آثار ، فإن الميكانيكا كانت ذات أثر كبير فى تقدم الصناعة الفنية (التكنيك) .

وأثر الميكانيكا فى تقدم العلوم الأخرى ظاهر ، لأن موضوعها وهو ظواهر الحركة والتوازن ، يدخل فى كثير من العلوم الأخرى . فهو يدخل فى الظواهر الكهربائية والكيميائية الخ ...

والميكانيكا هي التطبيق الأول للبرهان الرياضى على الدراسة الكمية والعالية للظواهر الطبيعية .

وفضلاً عن ذلك فإن تاريخ تقدم العلوم يشهد بأثر الميكانيكا فى تطور البحث العلمى : فإن ميكانيكا جاليليو ونيوتن أوضحت كثيراً من المشاكل التى ظلت حتى ذلك الوقت غامضة ، حتى إن العلماء لم يقتصروا على محاكاة منهج الميكانيكا فى دراسة الحرارة والكهرباء والكيمياء الخ ، بل حاولوا دائماً الوصول إلى تفسير ميكانيكى لكل هذه الظواهر .

ومن الواضح أن الظواهر التى تدرسها الميكانيكا هي أكثر الظواهر تأيماً على المقياس بالعدد . فالظواهر الكيميائية والفيزيائية يمكن تتبع مراحل سيرها على نحو أبصر . فمثلاً ظاهرة احتراق عود كبريت ، يمكن تقدير مراحل سيرها بسهولة ؛ أما إطلاق قذيفة فى الهواء فن العسير تجديد مجراه . وهذا هو السبب فى تأخر تكوين علم الميكانيكا .

وستطيع^(١) أن ترجع نشأة هذا العلم إلى الفلاسفة الذين سبقين على سقراط الذين قالوا إن الذرات إذا ما تحركت تستمر في حركتها بطريقة مطردة ودون الاستعانة بأية قوة ، إلا إذا عترضتها ذرات أخرى . بيد أن هذه الفكرة الجزئية الخصبية لم تلق من يأخذ بها ، لأن المشاهدات اليومية العادية لا تتفق معها ، إذ تدل هذه المشاهدات على أن الأجسام لا تتحرك إلا إذا حركتها قوة ، وأنها تتوقف عن الحركة إذا تخلصت عنها القوة المحركة . ومن هنا نجد أن أرسطو يأخذ بمبدأ آخر وهو : حيث لا قوة فلا حركة . غير أن أحداً من أيام أرسطو حتى جاليليو لم يتساءل : ولماذا نرى السهم يستمر في حركته بعد انفصاله عن القوس ؟ إن مبدأ أرسطو كان من شأنه أن يقول إن السهم يجب أن يقف بمجرد انفصاله عن القوة الدافعة أى عن قوة شد القوس . لكن التفسير الذى كان يعطى آنذ لظاهرة استمرار انطلاق السهم هو إنه حينما انطلق السهم ، اندفع الهواء خلفه ليملاً الفراغ الذى تركه . ولكن هذا الجواب ينطوى على دور فاسد : الهواء اندفع لأن السهم تحرك ؛ والسهم تحرك لأن الهواء اندفع . ومع ذلك ، استمر المبدأ الأرسطالى حتى القرن السابع عشر ، وهو أنه . حيث لا قوة فلا حركة .

هنا جاء أولاً جاليليو فأشار بإشارة غامضة إلى ما سيعرف باسم قانون القصور الذاتى law of inertia ؛ أما الذى أوضحه وفصله فهو نيوتن . ولهذا يسمى القانون الأول من قوانين نيوتن فى الحركة . وهو يقول إن كل جسم يظل فى حالة سكون أو حالة حركة مطردة فى خط مستقيم ما لم تؤثر فيه قوة ما . وبهذا استبدل بالمبدأ الأرسطالى القائل : « حيث لا قوة فلا حركة » مبدأ آخر يقول « حيث لا قوة ، فلا تغير فى الحركة » . ثم إن أرسطو كان يرى أن القوة

(١) P. Painlevé, in. *De la Méthode dans les Sciences*, Première série, p. 72 sqq., Paris, 1920.

هى سبب الحركة ؛ أما نيوتن فيرى أن القوة هى السبب فى التغيرات التى تطرأ على الحركة : من تسارع أو تباطؤ أو تغيير فى الاتجاه الخ . فكل تغيير من هذا النوع يحتاج إلى قوة لإحداثه . لكن إذا لم توجد مقاومة ، فلا حاجة إلى أية قوة من أجل المحافظة على الحركة المطردة فى خط مستقيم .

وهكذا^(١) نرى أنه منذ القرن السابع عشر قامت أبحاث عديدة فى الميكانيكا أدت فى خلال القرنين التالين إلى تكوينها علماً حقيقياً أصبح نموذجاً يحتذى فى التفسير العقلى لسلاسل أخرى من الظواهر الطبيعية . وقد تكونت لأول مرة على يد جاليليو بدراسته لقوانين سقوط الأجسام ، ثم بحل مشكلة حركة قذيفة فى وسط لا تلتقى منه مقاومة . وقد أدى هذا الحل إلى البحث فى المبادئ والتصورات والبديهيات التى يمكن أن يبنى عليها علم ظواهر الحركة ، أى علم الميكانيكا ، وهذا بدوره أفضى إلى دراسة القوانين العامة للحركة وتطبيقها على النقط والأجسام الصلبة ، والامتداد فى تطبيقها إلى الأجرام السماوية وحركاتها .

لقد اكتشف جاليليو أولاً نظرية سقوط الأجسام . كان أرسطو يقول إن الجسم الذى يسقط تزداد سرعته لأن المتحرك يسعى بأسرع ما يمكن إلى مكانه الطبيعى . فجاء جاليليو وسجل نفس الظاهرة وهى ازدياد سرعة الجسم كلما ابتعد من نقطة سقوطه . وبدأ يفسر ذلك تفسيراً كياً ، محاولاً الوصول إلى معادلة رياضية . وقد حاول عدة محاولات للتفسير ، وراح يصحح الواحد تلو الآخر إلى أن انتهى إلى تفسير نهائى وهو أن السرعة تزايد بنسبة الزمن الذى يمر من نقطة ابتداء انطلاق الجسم الساقط .

ثم بحث جاليليو فى حركة القذائف ، فأنهى إلى أن الجسم المتحرك الذى

يطلق على مستو أفقى يستمر فى حركة مطردة إلى غير نهاية إذا كان المستوى يمتد إلى غير نهاية ، طالما لم يعقه عائق . لكن إذا كان المستوى محدوداً ، فإن المتحرك الخاضع للتقل يتجاوز نهايته ويضيف إلى حركته الأولى المطردة اتجاهاً إلى أسفل ناتجاً من الثقل . ومن هنا تنشأ حركة مركبة مؤلفة من الحركة الأفقية وحركة السقوط المتسارعة . وأثبت جاليليو أن مسار القذيفة يؤلف قطعاً مكافئاً

parabole

وأخطر من جاليليو أثراً فى تكوين الميكانيكا كان نيوتن^(١)، الذى استطاع أن يكتشف قوانين الحركة ، وأولها قانون القصور الذاتى *law of inertia* وقد ذكرناه ، وثانيها قانون يقول إن التغيرات التى تطرأ على كمية الحركة تتناسب مع القوة المتحركة وتجرى فى اتجاه هذه القوة . فإذا رمزنا للكتلة بالحرف *s* وللقوة بالحرف *ق* ، ولزمن بالحرف *ز* ، فإن من الممكن وضع هذا القانون فى المعادلة التالية : $ق \times ز = (ك \times س)$. والقانون

(١) قوانين نيوتن :

القانون الأول : كل جسم يبقى ساكناً ما لم يطرأ عليه طارئ يحركه ، وكل جسم متحرك يتحرك بانتظام وفى اتجاه مستقيم ما لم يطرأ عليه ما يغير من انتظام حركته أو من اتجاهها أو ما يحوها .

القانون الثانى : تغير كمية تحرك جسم فى زمن ما مناسب للقوة المحدثة له ؛ ويحدث هذا التغير فى اتجاه القوة .

القانون الثالث : لكل فعل رد فعل مساو له ومضاد له فى الاتجاه .

$$، t = \text{temps} ، v = \text{vitesse} ، m = \text{masse}] d(mv) = F dt \quad (٢)$$

[F = force

ويمكن صياغته أيضاً فى الجملة التالية :

القوة التى تؤثر فى جسم تتناسب مع تغير الزخم الذى تحدثه فى وقت معلوم ؛ واتجاه القوة هو الاتجاه الذى يحدث فيه تغير الزخم [الزخم *momentum* هو حاصل ضرب كتلة الجسم فى سرعته] .

الثالث يقول يتساوى الفعل ورد الفعل في الأفعال المتبادلة بين جسمين . وهذا القانون ظاهر بنفسه فيما يتصل بأفعال الاصطدام ، ولكنه مبهم في الأفعال من مسافة بعيدة .

ويطبق نيوتن قوانين الحركة هذه على الأجرام السماوية ، مما أدى إلى تكون الميكانيكا السماوية ، التي تدرس حركات الكواكب والنجوم .

وتطورت الميكانيكا بعد ذلك تطوراً هائلاً على يد أولر فتكون ما يسمى باسم الميكانيكا العقلية . وأصبحت الميكانيكا مؤلفة من فرعين : الديناميكا والاستاتيكا . فالديناميكا تدرس الحركة ، والاستاتيكا تدرس أحوال التوازن في المجموع . وكل منهما تنقسم إلى ثلاثة فروع بحسب كون التحرك نقطة ، أو مجموعة أجسام صلبة ليرتبط بعضها ببعض ، أو سائلاً . وديناميكا واستاتيكا السوائل تسمى هيدرو ديناميكا وهيدرو استاتيكا^(١) .

(١) للتذكيرة :

العدد « الحقيقي » : قطاع لسلسلة من الكسور مرتبة تبعاً للعداد .

العدد « الأسم » : قطاع لسلسلة من الكسور ليس لها حد منطقي .

العدد « الجذري الحقيقي » : قطاع لسلسلة من الكسور لها حد منطقي فجزء $(\sqrt{2})$ هو القطاع المتكون من كل الكسور التي يكون مربعها أقل من ٢ .

العدد « التخيلي المركب » : هو زوج مرتب من الأعداد الحقيقية .

جمع الأعداد التخيلية وضربها :

الجمع : $(1 + 2i) + (3 + 4i) = (4 + 6i)$

الضرب : $(1 + 2i)(3 + 4i) = (3 - 4) + (4 + 6)i = -1 + 10i$

يعرف الجزء الحقيقي لأي مقدار سالب مثل -1 (أوجبة) بأنه ذلك المقدار التخيلي الذي إذا ضرب في نفسه نتج -1 .

$$\text{أي أن } \sqrt{-1} \times \sqrt{-1} = -1$$

$$\text{وقياساً على هذا يكون } \sqrt{-1} \times \sqrt{-1} = -1$$

١٥ - نظرية العدد :

فكرة العدد لم تبحث بحثاً كافياً من حيث أسسها الفلسفية إلا في العشرين سنة الأخيرة من القرن الماضي والأولى من هذا القرن خصوصاً على يد فريجه Frege في كتابه عن معنى العدد الذي ظهر في سنة ١٨٨٤ ثم في كتابه عن القوانين الأساسية للحساب الذي ظهر سنة ١٨٩٢. ونظريته في العدد على الرغم من وضوح هذه الأبحاث إلى درجة كبيرة ، لم تكن مع ذلك أن تلقى العناية الكافية إلا على يد رسل في سنة ١٩٠١ حين اكتشف القيمة الكبرى لنظرية فريجه في العدد . وفي تلك الأثناء أي ابتداء من سنة ١٨٩٥ كان بيانو وأتباعه يقومون بالبحث في أسس الرياضة بارجاع القضايا الرياضية جميعها إلى أفكار أولية ثم إلى مصادر بسيطة يمكن أن يستخلص منها كل بناء الرياضيات . ولكن تبين أن فكرة فريجه عن العدد أدق وأشمل من فكرة بيانو ، فجاء رسل وأكمل النظريتين أولاً في كتابه « مبادئ الرياضيات » الذي ظهر سنة ١٩٠٣ وثانياً في كتابه هو وهويتهد (*Principia Mathematica*): « مبادئ الرياضة » الذي ظهر من سنة ١٩١٠ إلى سنة ١٩١٣ وستناول خلاصة أبحاثهم في هذا الصدد ، في شيء من الإيجاز .

$${}^2_2\text{N} = {}^2_2\text{He} \therefore {}^2_2\text{N} = {}^2_2\text{He} \therefore =$$

∴ $\frac{n}{v}$ ستكون أيضاً الجزر التربيعي للعدد ٢

وفي وسعنا بعد هذا أن نكرر البرهان : إذا كانت $n = 2$ ص ، فإن $\frac{ص}{ص}$ ستكون الجذر التربيعي للعدد ٢ وهكذا باستمرار خلال سلسلة لا تنهى من الأعداد التي يكون كل منها نصف الباقية له .

ولكن هذا مستحيل ، لأننا إذا قسمنا عددا على ٢ ثم قسمنا النصف وهكذا فيجب أن نصل إلى عدد فردى بعد خطوات متناهية . ∴ لا يمكن أن يكون ثمة كسر $\frac{p}{q}$ يكون مربعه ٢

يفرق رسل بين الرياضة البحتة وبين الفلسفة الرياضية على أساس أن ثمة طريقتين في البحث في الرياضيات : الطريق الأول أن تنتقل من المبادئ المسلّم بها البسيطة نسبياً على الأقل إلى ما هو أكثر منها تركيباً وتعقيداً. فننتقل من عمليات الجمع والضرب إلى عمليات التفاضل والتكامل، ومن الحساب البسيط والهندسة المستوية إلى حساب اللامتناهيات والهندسة التحليلية . والطريق الآخر طريق عكسي ننتقل فيه من النتائج التي وصلنا إليها بعد أن بلغنا مرحلة واسعة من التطور لكي نبحث في الأسس التي تقوم عليها الرياضيات: من بديهيات ومصادرات وتعريفات . وبهذا نبحث عن الأسس العقلية التي تقوم عليها الرياضيات كلها . فالطريق الأول هو طريق الرياضيات البحتة التي تعنى بالانتقال من البسيط إلى المركب وتستمر في التجريد حتى تصل إلى المجردات العليا التي تستغنى عن كل عيان ، والطريق الثاني هو طريق الفلسفة الرياضية التي تعنى بدراسة الأسس الأولى التي يقوم عليها كل بناء رياضي . وهذه الفلسفة الرياضية لم تنشأ إلا متأخرة ، نشأت خصوصاً في النصف الثاني من القرن الماضي وأوائل هذا القرن حين حاول الرياضيون من ذوى النزعة الفلسفية المنطقية أن يدرسوا كيفية إرجاع الرياضيات كلها إلى الحساب . ففكرة احتساب الرياضيات كانت الفكرة الأولى التي دار حولها البحث في الفلسفة الرياضية . وهذه الفكرة قد تنبه إليها بعض التنبيه فيثاغورس حينما وجد أن ثمة صعوبة في إرجاع بعض الأشياء إلى نسب حسابية تبعاً لمذهبه الذي حاول به أن يرجع كل الحقيقة الخارجية إلى العدد . فقد وجد أن ثمة من المقادير ما لا يمكن أن يقدر حسابياً ، واكتشف فكرة الكميات غير المشتركة *quantités incommensurables* خصوصاً أنه قد وجد أن بين الضلع والقطر في المربع لا يوجد قدر مشترك أى لا يمكن قياس الواحد على الآخر ، ووجد أيضاً أنه إذا كان ضلع المربع $= 1$

فإن القطر $\sqrt{2}$ وهذا الجذر أصم irrational أى لا يمكن استخراج
كعدد طبيعى ، فانتبه بفضل هذه الصعوبات إلى بعض المسائل التى تثيرها الفلسفة
الرياضية .

١٦ — وأول ما يجب أن يبدأ به البحث فى هذه الفلسفة هو أن ننظر فى أبسط
الأشياء التى يمكن أن يرد إليها البناء الرياضى كله . فعلى أولاً أن نحتسب الرياضة
بأن نرجع الرياضيات بأنواعها من حساب وهندسة وكل ما لهذه من فروع إلى
فكرة الأعداد ، وفكرة الأعداد ترد فى النهاية كأبسط صورة لها إلى فكرة
الأعداد الطبيعية أو ما يسمونه الأعداد الصحيحة المتوالية . ونحن نبدأ اليوم عادة
من صفر ثم ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ . . . الخ وقد وجدنا أن هذه الخطوة فى الواقع
خطوة متأخرة إذ الصفر لم يعرفه اليونان ولا الرومان . إذ أدركه الهنود وغنهم
انتقل إلى العرب ثم إلى الحضارة الأوروبية فأصبح اليوم الصورة الطبيعية للأعداد
الصحيحة المتوالية (أو الأعداد الطبيعية) . ولكننا إذا تساءلنا عن معنى كلمة صفر
أو معنى كلمة الوحدة وقفنا فى كثير من الاشكالات والصعوبات . وأكثر من
هذا إذا بحثنا فى معنى العدد نفسه وجدنا أننا قد سلنا بالفكرة دون أن نبحت فيها
أدنى بحث ، ومن هنا جاءت الفلسفة الرياضية فبدأت تبحث فى القضايا الأولية
الأصلية التى يمكن أن يرد إليها كل البناء الرياضى . وأهم من قام بهذا البحث
بيانو ، فقد بحث فى القضايا الأولية ، وكيف يمكن تعريفها أو البرهنة عليها . ولما
كنا لا نستطيع فى النهاية إلا التسليم ببعض الأشياء ، فقد اضطر هو الآخر إلى
التسليم بهذه الأفكار الأولية بوصفها القضايا الأصلية التى يقوم عليها علم
الحساب وبالتالي تقوم عليها الرياضيات كلها .

هذه المبادئ التى وضعها بيانو تتلخص فى ثلاث أفكار أولية وخمس

مصادر : أما الأفكار الأولية فهي : صفر ؛ عدد ؛ تال ل . — أما معنى « الصفر » فهو الشيء الذى ليس له حد يقابله وكما سنرى فيما بعد : الصفر هو الصنف الذى لا أفراد له ، أى صنف العدم . أما « العدد » فقد فهم منه بيانو ما نفهمه عادة وبطريقة إجمالية مبتذلة من الأعداد الطبيعية ، « وتال ل » قد فهم منه أنه العدد المباشر التالى لأى عدد آخر . أما المصادر الخمس التى قال بها فهي :

(١) الصفر عدد . (٢) كل عدده عدد تال . (٣) لاعددين ذوا تال واحد . (٤) الصفر ليس تالياً لأى عدد . (٥) أية صفة تنتسب إلى الصفر وتنتسب أيضاً إلى التالى لأى عدد يملك هذه الصفة ، تنتسب إلى كل عدد .

فإذا نظرنا فى فكرة الأعداد وطبقنا عليها هذه المصادر وجدنا أولاً أن الصفر عدد ، أى يدخل إذن على الأقل فى الرياضيات ، بعد أن تطورت ، كعدد من سلسلة الأعداد الطبيعية . ووجدنا ثانياً أن أى عدد له تال ، وهكذا باستمرار ، وسنرى أن هذا يفضى بنا إلى فكرة اللاتناهى فى العدد والعد ، فنحن نقول صفر ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ . . . الخ فكلمة إلى آخره تدل على اللانهاية — بمعنى أنه لما كان لكل عدد تال فإذن فإن أى عدد نأخذه لا بد أن يكون له عدد تال مهما كان من ضخامة هذا العدد ، والأمر لن ينتهى . وإذن فسلسلة الأعداد الطبيعية تبعاً لهذه المصادرة الثانية لا تنتهى . وتقول لنا المصادرة الثالثة إن أى عددين لا يمكن أن يكون لهما تال واحد ومعنى هذا أن عدداً ما لا يمكن أن يتكرر مطلقاً فى سلسلة الأعداد الطبيعية . وهذا مفهوم من المصادرة الثانية لأنه لما كان لكل عدد تال ، وكان كل عدد مختلفاً عن الآخر ما دامنا عددين ، فإن يكون التالى لأحدهما هو التالى للآخر . والمصادرة الرابعة تقول لنا إن عدد الصفر لن يدخل كعدد تال فى سلسلة الأعداد بل سيكون دائماً العدد الأول مهما افترضنا ، كما سنرى ، من قيمة هذا الصفر . والمصادرة الخامسة تقول لنا إنه إذا اتصف الصفر بصفة ، واتصف

عدد ما وليكن ع بهذه الصفة عينها ، كما اتصف بها التالى لهذا العدد أى ع + ١
فإن هذه الصفة تنطبق على كل الأعداد ، أياً ما كانت هذه الأعداد ، أى على
سلسلة الأعداد الطبيعية كلها مهما امتدت .

ونستطيع بعد هذا أن نفسر عمليات الحساب وعمليات الرياضة على أساس .
هذه المصادر الخمس . فعمليات الضرب والجمع مثلاً تقوم أيضاً على هذه
المصادر والبرهنة . على ذلك قد تكون طويلة أحياناً ولكنها متيسرة دائماً ،
وقد عرضها بيانو فى كتابه مجموع الصيغ الرياضية ، عرضها بالتفصيل بالنسبة
لجميع الأحوال .

وهنا يلاحظ أن هذه المصادر الخمس يمكن أن تفسر عدة تفسيرات . فيمكن
أولاً أن نفترض أن الصفر هو العدد ١٠٠ ، وأن التالى هو العدد الذى يزيد عن
المائة بعدد ، وليكن واحد (١) مثلاً ، فس نجد أننا نبدأ من مائة ١٠٠ ، ١٠١ ،
١٠٢ ... الخ . والمصادر الخمس تكون صحيحة بالنسبة لهذه الأحوال كلها ،
فالمصادرة الأولى صحيحة وستكون ١٠٠ تناظر الصفر . وس نجد أن كل عدد له
تال وس نجد أيضاً أنه لا يمكن أن يكون لعدد تال واحد ، وس نجد خصوصاً —
وهذا قد يبدو غامضاً بعض الشيء — أن المصادرة الرابعة القائلة بأن
الصفر ليس تالياً لأى عدد صحيحة ، وذلك لأننا عددنا المائة فى هذه الحالة هى
الصفر ، وكأنّ عدد ٩٩ الذى يسبق المائة فى هذه الحالة لا يعد سابقاً ، ومع هذا
فلا زالت هذه المصادرة صحيحة حتى بالنسبة لهذا التفسير .

وكذلك المصادرة الخامسة : فما ينطبق على المائة ، وعلى أى عدد آخر بعدها
وعلى التالى لهذا العدد ، ينطبق على سلسلة الأعداد كلها ابتداء من المائة .

ثانياً : نستطيع أن نفترض أن الصفر لا زال هو الصفر ، وأن العدد معناه العدد

الزوجي ، وأن تال ل يساوي ٢ ، فسنجد حينئذ أن لدينا صفر ، ٢ ، ٤ ، ٦ ،
 ٨ ... الخ فالمصادرة الأولى هي هي بعينها ، والمصادرة الثانية هي هي مع جعلها
 التالى ذا قيمة غير الواحد ، فالأمر يتوقف دائماً على السكينة المعطاة بقولنا تال له
 ونجد أنه لا يوجد عدنان ذواتال واحد . ونجد رابعاً أن الصفر لا يوجد من بين
 الأعداد التالية إطلاقاً كما تقول المصادرة الخامسة أى أننا إذا ما نظرنا إلى أى خاصة
 تنتسب إلى الصفر وإلى أى عدد من الأعداد الزوجية ، ثم تنتسب ثالثاً إلى هذا
 العدد + ٢ ، فإن هذه الخاصية تنتسب كذلك إلى بقية الأعداد في هذا
 التسلسل الطبيعي .

كما نستطيع أن نفترض افتراضات أخرى غير السابقة بأن نجعل الأعداد
 كسرية أو نفترض أية كمية للقيمة تال ل ، فسنجد أن المصادرات الخمس متحققة
 باستمرار في كل هذه الأحوال . وعلى هذا يمكن بطريقة عامة أن نجد أننا إذا
 نظرنا في أية سلسلة من الأعداد ولتكن س صفر ، س_١ ، س_٢ ، س_٣ ، س_٤ ،
 س_٥ ، ... س_٦ ، فسنجد دائماً أنها تخضع لهذه المصادرات الخمس . فالمصادرة
 الأولى القائلة بأن الصفر عدد متحققة هنا في قولنا س صفر أول الأعداد ، والمصادرة
 الثانية متحققة في أنه لا يوجد عدنان ذواتال واحد ، والمصادرة الرابعة متحققة
 في كون الصفر ليس بواحد من الأعداد التالية ، والمصادرة الخامسة متحققة في
 أن خاصة ما تنتسب إلى س صفر ، وإلى س_٣ + ١ تنتسب أيضاً إلى عدد آخر
 وليكن س_٤ ، س_٥ ، س_٦ ، س_٧ ، ... (أى عدد كان) .

ونظراً إلى هذا الاختلاف في التفسير تبين لبعض الرياضيين المنطقيين ، وعلى
 رأسهم رسل ، أن نتائج بيانو ليست نتائج نهائية ، فعاد إلى نظرية قد أدلى بها قبل
 ذلك بقليل (سنة ١٨٨١) فريجه ، وعرضها ثانية سنة ١٨٩٣ دون أن ينتبه إليها
 الرياضيون في ذلك الوقت ، وذلك لكي يحقق غرضاً مهماً هو أن تكون

الرياضيات . وبالتالي المصادر التي تقوم عليها ، دقيقة معينة الكمية لا تفسر أى تفسير كان . وثانياً لاحظ رسل وغيره أن بيانو قد افترض الأفكار الثلاثة الأولية افتراضاً دون أن يستخرج هذه الأفكار من مصادر أخرى ، وبالتالي قد عدّ هذه الأشياء غير قابلة للبرهنة عليها . وصحيح أننا قد ننتهى إلى هذه النتيجة عينها ، ولكن يجب ألا نسلم — كما يقول رسل — بعدم إمكان البرهنة على مصادرة أو فكرة إلا بعد تحليل طويل يقنعنا ولو مؤقتاً بأن البرهنة مستحيلة وقتياً . ولهذا جاء رسل لمحاول أن يستنتج بعض هذه المصادر من بعض ، وأن يبرهن على بعض الأفكار الأولية . ثم اهتم في أول الأمر خصوصاً وتبعاً لأبحاث فريجه ببيان معنى كلمة عدد ، ومعنى كلمة صفر ، خصوصاً الكلمة الأولى ، لأن عليها يتوقف كل بحث في الأسس الأولية لأى نظام رياضى .

١٧ — معنى كلمة العدد :

قلنا إن فريجه هو الذى تنبه إلى هذه المسألة وعرضها بشيء من الوضوح فى كتابه «أساس الحساب» سنة ١٨٨٤ وتناولها من بعد فى كتابه «القوانين الأساسية للحساب» سنة ١٨٩٣ وخلاصة أبحاثه فى هذه المسألة أنه لكي نحدد معنى العدد يجب أولاً أن نميز بين العدد وبين الكثرة . فالكثرة ليست هى العدد بالمعنى المجرد الرياضى ، فإذا كان لدينا خمس من الأشياء أو من الناس فإن هذا الخماس يكون كثرة ، ولكنه لا يكون عدداً ؛ إنما الخماس أو السداس أو الثلاث أو التساع ، مثل للكثرة ومثل للعدد ٣ ، ولكنه ليس مثلاً للعدد نفسه ، وإنما «٣» هى المثل للعدد . فالعدد أكثر تجزئاً من الكثرة . — وبعد هذه التفرقة نستطيع أن نحدد معنى العدد .

إن أى عدد أخذناه يختلف تمام الاختلاف عن الكثرة المكونة من وحدات قدرها هذا العدد ، فالعدد ثلاثة مثلاً ليس هو الثالث المكونة من الأب والإبن والروح والقدس وليس هو مجموع الأضلاع الثلاثة المكونة لأى مثلث ا ب ، ا ج ، ج ب — وكذلك الحال بالنسبة إلى أية مجموعة من المجاميع . ومن هنا يجب أن نميز تمييزاً دقيقاً بين ٣ وبين أى ثالث من الأشياء التى نميزها فى العالم الخارجى لأن ٣ ليست هى أى ثالث ولكنها الصنف الدال على كل ثالث واقعى أو ممكن . فلنحاول بعد هذا التمييز بأن نفهم طبيعة العدد وكيف يمكن حده . ويلاحظ أولاً أنه لى يتيسر حدّ العدد أو تعريفه لا بد لنا أن نلجأ هنا إلى الحد بالمفهوم لا بالمصدق ، ذلك لأن الحد بالمصدق يمكن أولاً أن يرد إلى الحد بالمفهوم ، ولسنا فى حاجة إلى استقراء جميع الأفراد الداخلة فى ما صدق شئء مالىكى نحوه ، فمثلاً سكان القاهرة لسنا فى حاجة بل قد لا يكون ممكناً إطلاقاً أن نحصيههم فرداً فرداً كى نستطيع أن نحد سكان القاهرة وإنما نكتفى فى الواقع بطائفة من هؤلاء السكان نجعلهم مميزين لمفهوم كلمة سكان القاهرة ثم نعمم هذا الحكم بالنسبة إلى جميع السكان ونحن فى هذا إنما نستخدم حداً بالمفهوم لا بالمصدق لأننا قد اتخذنا واسطة لهذا التعريف بعضاً من الصفات المميزة . وثانياً يلاحظ أن الأمر أوضح بالنسبة إلى الأعداد لأن الأعداد لا متناهية ، فما صدقها إذن لا يمكن حصره بالضرورة فلا يتم إذن تعريف بالمصدق بل لا بد أن نلجأ إلى التعريف بالمفهوم . فتعريفنا للعدد سيتم ببيان الخاصية أو الخواص الرئيسية التى يتميز بها العدد بوجه عام دون إحصاء تجريبى واستقراء عملى لكل الأعداد الواقعية أو الممكنة . ولكى نقوم بهذا التعريف يجب أن نجرب أولاً أى أن نبحث فى المجاميع المكونة لأعضاء واحدة ونضع كل مجموعة متشابهة مع الأخرى تحت باب واحد ، فالمجاميع المكونة لباب واحد ستكون إذن هى المكونة لعدد ما .

فأخذ مثلاً مجموعة السُّداسات ومجموعة السباعيات ومجموعة التسلطات الح... وكل مجموعة من هذه المجاميع تعبر عن عدد معين سيكون هو العدد للمفنى الرياضى . ولكن لكى تتم هذه الخطوة بالتاكيد لا بد لنا أن نعرف بآية وسيلة نستطيع أن نحدد أن هذه المجموعة هى بعينها تنسب إلى باب ما . والطريق الأظهر فى بادىء الأمر هو أن أقول : أخصى (أعد) كل الأفراد للكونة لهذه المجموعة ، وبعد هذا أدخلها فى الباب الذى تنسب إليه وفقاً لمجموع الوحدات المكونة لها . ولكن هذه الوسيلة تستلزم مقدماً أن لدينا فكرة عن المدلأثنا فى هذه الحالة نقوم بعملية العد ، وعملية العد تستلزم أننا نفهم مقلماً فكرة العدد ، وعلى هذا فإن عملية العد عملية متأخرة يجب أن تسبق من الناحية للنطقية بعمليات أخرى أبسط منها . هذه العملية أو العمليات الأخرى الأبسط منها تقوم على فكرة الإضافات بين الأصناف . فنحن نسعى كل مجموعة من هذه المجاميع باسم صنف class وتسمى أحياناً set ، ويستعمل فى الرياضيات أحياناً كلمة aggregate وكلمة manifold ولكن يحسن الاختصار على كلمة «صنف» .

وقد رأينا فى المنطق الرياضى أن ثمة خواص شكلية للإضافات بين الأصناف^(١) ورأينا منها خصوصاً خاصة التضافى المشترك ، أى الخاصة الموجودة بين صنفين يتوقف أحدهما على الآخر أو يرتبط به ارتباط تضافى . فأحياناً يكون أحد الصنفين بالنسبة إلى الآخر مشتملاً على عضو واحد ، بينما الآخر يشتمل على أكثر من عضو ، وقد يكون كلاهما مشتملاً على عضو واحد بحسب ، فمثلاً علاقة الأب بالإبن التضافى فيها بين واحد وكثير ، والعلاقة بين الإبن والأب التضافى فيها بين كثير وواحد ؛ والعلاقة بين زوج وزوجة فى الزواج الموحد هى علاقة واحد إلى واحد ، وتسمى مجموعة الأفراد الداخلة فى أى صنف من الصنفين ، فى الأول باسم مجال الصنف ، وفى الآخر باسم

(١) راجع كتابنا « المنطق الصورى الرياضى » ص ٢٨٣ - ٢٩٣ ، القاهرة سنة ١٩٦٢ .

مجال المعكوس . فمثلا في الصلة بين الأب والإبن مجال الأب هو مجال الإضافة
ومجال الإبن الذى يضم أكثر من عضو هو مجال « معكوس الصلة »
converse domain ، وكذلك الحال بالنسبة إلى بقية الأمثلة السابقة . فإذا كان
مقدار الأعضاء الداخلة في المجال ومعكوس المجال هو الواحد فإن الإضافة تسمى
هنا « مشابهة » أو إضافة المشابهة . فالصنف الواحد يقال عنه إنه مشابه لآخر
إذا كانت هناك إضافة الواحد والواحد ، وأحدها المجال والآخر المجال المعكوس .
ومن الممكن أن يبرهن بعد هذا :

أولا : على أن أى صنف مشابه لنفسه ، أى توجد إضافة الواحد والواحد
بينه وبين نفسه وهذا طبعى :

وثانياً : أنه إذا كان بين الصنف ا والصنف ب مشابهة فستكون بين الصنف
ب و ا ؛

وثالثاً : إذا كانت الصلة أو الإضافة مشابهة بين ا و ب ، وهى عينها بين
ب و ج ، كانت الإضافة مشابهة أيضا بين ا و ج . وفى الحالة الأولى تسمى خاصية
الإضافة باسم الانعكاس reflection أى تكون معكوسة على نفسها . وفى الحالة
الثانية تكون تماثلية (أى أن خاصية هذه الإضافة هى التماثل) . فمثلا فى حالة
« زوج له » فإنه إذا كان على زوجا لفاطمة ، فإن فاطمة « زوج » لعلی . وفى
الحالة الثالثة خاصة الإضافة هى التعدى فإذا انتقلت الإضافة من ا إلى ب ، ومن
ب إلى ج ، انتقلت من ا إلى ج فمثلا إذا قلنا ٧ أكبر من ٥ ، و ٥ أكبر من ٢ ،
فإن ٧ أكبر من ٢ . وطبعا هذه الإضافة ليست تماثلية كما هو واضح .

وعلى هذا نجد أن إضافة المشابهة تتضمن إذن هذه الخصائص الثلاثة :
الانعكاس والتماثل والتعدى . فلنتظر بعد هذا فى كيفية تحديد انتساب صنف من

الأصناف إلى مجموعة ما كبرى . فمثلا صنف وليكن صنف السداسات : كيف ينتسب إلى الصنف ٦ أو إلى المجموعة الكبرى ٦ ؟ لتعيين هذا ننظر في خاصية الإضافة فإذا وجدناها المشابهة كان هذا دليلا على أن الصنف المذكور ينتسب إلى المجموعة الكبرى المعلومة . فمثلا إذا نظرنا في فكرة الأزواج في بلد كاثوليكي فإننا سنجد أن عدد الأزواج سيكون قطعاً هو عدد الزوجات ، وهذا يجعلنا نضيف هذه المجموعة التي هي مجموعة الزوج والزوجة إلى طائفة كبرى هي طائفة العدد ، أو طائفة الأزواج بوجه عام . وكذلك الحال لو نظرنا في أصناف أخرى فإننا نستطيع بواسطة خاصية المشابهة وحدها أن نعين الصنف الأكبر الذي ينتسب إليه هذا الشيء موضوع بحثنا . فإذا ما استطعنا هذا فإننا نستطيع أن نحدد فكرة العدد على هذا الأساس . فيمكن بعد هذا وبعد التفرقة التي وضعناها في البدء بين المجموعة المعينة وبين العدد أن نحدد العدد بأن نقول أولاً : « عدد أى صنف هو الصنف الشامل لكل الأصناف المشابهة له » فمثلا عدد الصنف خماس هو الصنف الشامل لكل الخماسات الممكنة . وحتى الآن لم نستخدم اللفظة خمسة أى العدد ، وإنما نتحدث بعد عن الأصناف وعدد الأصناف لا عن العدد المجرد . ولكي نخطو هذه الخطوة الأخيرة لا بد لنا أن نلجأ إلى تعريف قد يبدو في الظاهر غير سليم ولكنه سليم في الواقع فنعرف العدد بأن نقول : « العدد هو أى شيء يكون عدداً لصنف ما » . والخطأ الظاهري لهذا التعريف أننا استخدمنا المصطلح في التعريف ولكنه خطأ ظاهري فقط ، لأن كلمة عدد الأولى ليست هي كلمة عدد الثانية . فمثلا إذا قلنا « الإنسان هو مجموع أفراد الإنسانية » فهذا التعريف سليم مع أننا استخدمنا كلمة « الإنسانية » في التعريف الأصلي . والسؤال هنا هو مسألة استخدام صفة للدلالة على أنها عبارة عن مجموع صفات مختلفة . فالعدد سيكون تبعا لهذا هو عدد أى صنف ، فمثلا ه ستكون عدد أصناف الخماسات ، وعلى هذا فيكون التعريف صحيحاً ، وه هي إذن شيء يكون عدداً لصنف الخماسات .

وهذا التعريف لا ندرى بعد هل ينطبق على الأعداد المتناهية واللامتناهية على السواء ، بل علينا أن ننظر في الحالة بالتفصيل لكي نتبين كيف نستطيع الوصول إلى أى عدد كان . ومن ناحية أخرى كيف نحدد الأعداد كلها ككل بصرف النظر عن أنها كميات متناهية أو لا متناهية . ونحن قد رأينا في الأفكار الأولية عند بيانو أننا نستطيع بواسطتها أن نحدد معنى العدد الطبيعي وسلسلة الأعداد الطبيعية . فهذه الأفكار الأولية : الصفر — عدد — تال — نستطيع أن نستخرج سلسلة الأعداد الأولية بأسرها . ولكن يحسن بنا بعد هذا أن ننظر هل من الممكن إيجاز هذه الأفكار الأولية ومن ناحية أخرى هل يتيسر تحديدها فقد قلنا إنها أولية أى غير قابلة للحد والبرهنة . فلننظر في صحة هذا القول فضلاً عن أننا قد وجدنا من ناحية أخرى أن المصادر أو المبادئ الخمسة التي وضعها بيانو يمكن أن تفسر عدة تفسيرات فعلينا أن نبحث في تحديد هذه المبادئ الخمسة أو المصادر الخمس لكي نقصرها على نوع واحد من التفسير . ومن ناحية أخرى علينا أن ننظر فيها علناً نستطيع أن نوجزها أو نسقط بعضها منها لأنه لا مدعاة بعد لها . فنقول إننا إذا أردنا مثلاً أن نصل إلى العدد ١٠٠.٠٠٠ فإننا نستطيع ابتداء من الصفر باعتباره فكرة أولية واعتماداً على فكرة تال له وفكرة العدد أن نسير خطوة بخطوة من عدد ع إلى تال له ع + ١ وهكذا باستمرار حتى نصل بطريق التجربة إلى العدد ١٠٠.٠٠٠ . ولكن هذه الطريقة قد لا تكون متيسرة فضلاً عن أنها تجريبية فقد لا تكون متيسرة أو هي بالفعل كذلك فيما يتصل بالأعداد اللامتناهية إذ أن اللامتناهى لا يمكن الفراغ منه . وثانياً أننا نريد تعريفاً يشمل كل أحوال العدد بصرف النظر عن أنه متناه أو غير متناه ، والطريق للوصول إلى هذا هو المصادرة الخامسة من مصادرات بيانو ، والتي يقوم عليها الاستقراء الرياضى mathematical induction وهذه قد أخذناها

في البدء على أنها مبدأ ولكننا هنا نريد أن نأخذها على أنها تعريف — أى شيء نبدأ منه . فإذا كانت هناك صفة أو خاصية تتعلق بصفر وتتعلق بعدد ما ثم بالتالى لهذا العدد فإنها تكون منطبقة على كل الأعداد على السواء أى بعبارة أخرى أننا نستطيع ابتداء من الصفر ، وعدد أيا كان نستطيع أن نصينه ، ثم التالى لهذا العدد أن نحكم حكماً عاماً على كل الأعداد الممكنة . وبهذا يتيسر لنا أن نحكم على الأعداد المنتهية واللامنتهية على السواء . ولكي نقوم بهذا يحسن أن نقدم أولاً طائفة من التعريفات . فيقال أولاً إن خاصة ما وراثية إذا كانت تنسب إلى عدد ما ثم إلى هذا العدد + ١ أى والتالى له . فمثلاً لنفرض أن لدينا العدد e له خاصية ما فإذا كانت هذه الخاصية تتعلق أيضاً بـ $e + ١$ فإنها تسمى حينئذ وراثية أى تنتقل من e والتالى لها إلى بقية الأعداد التالية فى سلسلة الأعداد المتوالية . ويسمى الصنف وراثياً إذا كان e عضواً فيه و $e + ١$ عضواً فيه كذلك . فإذا اعتبرنا أن e مثلاً هى العدد ١٠٠٠ فإن جميع الأعداد التالية لـ ١٠٠٠ ابتداء من ١٠٠٠ + ١ ، ١٠٠٠ + ٢ . . . الخ تكون فيها هذه الصفة وراثية أى ما ينطبق على ١٠٠٠ ينطبق على سلسلة الأعداد التالية ابتداء من ١٠٠٠ وإذا جعلنا e صفر فستكون الخاصية وراثية بالنسبة إلى كل الأعداد ما دام صفر هو العدد الأول الذى لا يسبقه أى عدد آخر .

والصنف الذى يكون متعلقاً بالعدد كتنقطة ابتداء له يسمى صنفاً استقرائياً *inductive class* وسنرى أن الصنف الاستقرائى سيتكون من صفر، وصفر + ١ ، ثم بقية الأعداد التالية أى فى الواقع من كل الأعداد الممكنة . ولكننا لم نصل بعد إلى هذه النتيجة بطريقة منطقية ولننظر فى كيفية التعبير عنها بطريقة منطقية وهذا نستطيع القيام به بأن نسميه كتعريف ثان باسم « ذرية العدد » *posterity* ، وتعرف الذرية بأنها عبارة عن مجموعة الأعداد ابتداءً من عدد ما بالنسبة إلى

الإضافة « سلف له » أو سابق له — فإذا نظرنا بعد هذا في ذرية العدد صفر أى هذا الصنف الاستقرائى لوجدنا أنها تشمل صفر وصفر + ١ و ١ + ١ ... الخ أى سلسلة الأعداد الطبيعية المتوالية . وهذا يمكن أن نقوم به بطريقة تجريبية بأن نحدد ذلك على أساس أن نقول إن الأعداد هى ما نصل إليه إذا ما سرنا ابتداء من الصفر خطوة بخطوة وهكذا باستمرار . ولكن قولنا خطوة بخطوة وهكذا باستمرار ليس تعبيراً واضحاً ولهذا نستبدل به كلمة ذرية التى هى تعبير منطقي واضح موجز يعبر عن هذا المعنى منطقياً . وعلى هذا نستطيع أن نعرف سلسلة الأعداد الطبيعية بقولنا : « الأعداد الطبيعية هى ذرية صفر بالنسبة إلى الإضافة : السالف مباشرة (التى هى معكوسة تال ل) » .

وفى هذا التعريف يظهر أننا عرفنا إحدى الأفكار الأولية التى قال بها بيانو بواسطة الفكرتين الأخريين . فكلمة عدد عرفناها بواسطة صفر وبواسطة تال أو سالف له (والمسألة واحدة) وبهذا نكون قد وفرنا إحدى هذه الأفكار الثلاث ، ومن ناحية أخرى قد وفرنا كذلك مصادرتين من المصادر الخمس لبيانو ألا وهما : الأولى والخامسة . وكأننا بهذا قد وفرنا مصادرتين المصادرة الأولى والمصادرة الخامسة ؛ أما المصادرة الثانية فلا تزال قائمة ونستطيع أن نعبر عنها فى صورة أخرى بأن نقول : كل عدد له عدد طبيعى يتلوه .

وبعد هذا نبحت فى تعريف الفكرتين الأخريين : فكرة الصفر وفكرة تال له . ولكى نقوم بهذا نستطيع أولاً أن نعتمد على تعريفنا للعدد حيث قلنا إن العدد هو أى شئ يكون عدداً لصنف ما ، وهذا الصنف سيكون شاملاً لكل الأصناف المشابهة له . فعدد الصفر سيكون إذن عدد صنف بلا أفراد (أو بلا أعضاء) وذلك لأن صنف الصفر لا يشمل أى فرد فهو صنف العدم . وسيكون عدد الصفر إذن هو ذو عضو واحد أو فرد واحد ألا وهو صنف الصفر نفسه وهو صنف

بلا أفراد وفارق كبير بين عدد الصنف وبين الأفراد الداخلة في هذا الصنف .
فعدد الصنف واحد وهو صنف الصفر أما الأفراد الداخلة في هذا الصنف فعدومة
أى لا توجد أعضاء لصنف الصفر : ولكن عدد الصفر له صنف واحد هو
الصنف الذى لا أفراد له . وعلى هذا يمكن أن نعرف الصفر بأنه : « هو الصنف
الذى عضوه الوحيد هو صنف الصفر (وهو صنف لا أفراد له) »

بقى بعد هذا أن نحدد الفكرة الثالثة والأخيرة وهى فكرة : « تال ل »
ولتحديد هذه الفكرة نفترض وجود صنف ولنسمه « ١ » به أفراد عددها ع ،
ونفرض أن لدينا صنفاً آخر وليكن س ، أفرادها ليست داخلة في ع (أو من
بين أفراد ع) وعلى ذلك فإن $1 + س$ يكون صنفًا تاليًا للصنف ١ .
وبهذا نستطيع أن نعرف التالى ل بقولنا « التالى لعدد الحدود في الصنف ١ هو
عدد الحدود في الصنف المكون من ١ مع س ، حيث س هى أى حد لا ينتسب
إلى الصنف ١ » (أى خارجه) . وبهذا إذن نكون قد استطعنا أن نحدد بالدقة
وبالتعريف الأفكار الثلاث الأولية التى قال بها بيانوك كما أننا استطعنا أن نتخلص
من مصدرتين من مصادراته . وفى وسعنا بعد هذا أن نتخلص أو أن نفهم بوضوح
معنى بقية المصادرات ، إذ الباقى لدينا ثلاث . أما المصادرة القائلة بأن أى عدد له
تال — وهى المصادرة الثانية — وكذلك المصادرة الرابعة القائلة بأن صفر لا يمكن
أن يكون تاليًا لأى عدد فيفهمان بسهولة وليس فى حاجة إلى برهنة لكى يمكن
أن يدركا بوضوح . وأما المصادرة التى تحتاج إلى شئ من العناية فهى المصادرة
القائلة بأنه لا يمكن أن يكون لعددین تال واحد ، إذ أن ثمة مشكلة تتصل بهذه
للسألة تنشأ حينما نفترض أن الأعداد متناهية أو إننا بإزاء كميات محدودة . أما إذا
كنا بإزاء كميات لا متناهية أو عدد لا نهائى فإن المشكلة لا تقوم لأننا إذا فرضنا
أن لدينا عددین وأن الكميات لا متناهية فإننا نستطيع باستمرار أن نفترض أن ثمة

أعداداً خارجة وبالتالي فإننا إذا فرضنا أن إحدى الكميات هي ١ والأخرى ب فإن $١ + ١$ سيكون عدداً آخر غير $١ + ب$ ، لأن ثمة أعداداً أخرى خارجة ما دامت الأعداد لا متناهية اللهم إذا كانت $١ = ب$. ولكن إذا كنا بإزاء أعداد متناهية ، بأن كان قدر الأعداد هو ١٠ مثلاً ولاشئ خارجها فإن العدد التالى لـ ١٠ سيكون ١١ ولا وجود له أى يساوى صفر . وكذلك العدد التالى لهذا العدد وهو ١٢ سيكون بلا أفراد ، فسيكون إذن صفراً ، وإذن ستكون $١١ = ١٢$ ، ومن هنا سيكون التالى لعددین هما ١٠ و ١١ عدداً واحداً وهو صنف الصفر .

ومن هذا يقين إذن أن هذا المبدأ الثالث من مبادئ بيانو الخمسة لا يكون صحيحاً إلا إذا كانت سلسلة الأعداد لا متناهية ؛ فلنفترض أنها الآن لا متناهية . والنتيجة لهذا كله إذن أننا قد استطعنا أن نحدد معنى الأفكار الأولية الثلاثة التى قال بها بيانو كما استطعنا من ناحية أخرى أن نحدد المبادئ الخمسة وأن نرد بعضها إلى بعض . وفى وسعنا بعد هذا أن نحدد كل المسائل الرياضية مهما ارتفعت درجتها فى التطور والتجريد والتعقيد ، ما دمنا نرى أن الرياضيات تقوم بأسرها على الحساب ، والحساب يقوم كله على فكرة الأعداد الطبيعية . وليس من الصعب بعد هذا أن تطبق هذه التعريفات فى الرياضيات العليا وفى بقية أجزاء الرياضة مما ليست بحساب أو بحجر أو بهندسة مستوية كما يبين ذلك رسل فى كتابه : « مبادئ الرياضيات » .

وفى وسعنا بعد هذا أن نعمم هذه القاعدة التى وصلنا إليها وهى قاعدة الاستقراء الرياضى . ويكفى من أجل هذا أن ندلى بالتعاريف التالية التى وضعها فريجه وهى أن نفترض خاصة مثل « ف » فنجد :

١ — الخاصة : يقال عنها إنها « ف » وراثية في حالة ما إذا كانت تنسب إلى الحد « س » ، و « س » له إضافة « ف » بالنسبة إلى ص ، فإنها تنسب إلى « ص » .

٢ — والصنف يكون ف — وراثياً إذا كانت خاصته المخلصة « ف » — وراثية .

٣ — والحد « س » يقال إنه ف — سلف للحد « ص » إذا كانت « ص » لها كل خاصة ف — وراثية تملكها « س » بشرط أن تكون « س » حداً له الإضافة « ف » إلى شيء ما ، أو يكون ثمة شيء له بالنسبة إليه الإضافة « ف » .

٤ — وذرية « ف » للحد « س » هي كل الحدود التي يكون فيها « س » « ف — سلفاً » .

وعلى هذا فالاستقراء الرياضى يقوم إذن كما يقول رسل على أساس تعريفات تفترض افتراضاً . وليس بصحيح إذن ما ذهب إلى الرياضيون من قبل في أواخر القرن الماضى وأوائل هذا القرن وعلى رأسهم پوانكاريه من أن ثمة مبدأ يقوم عليه الاستقراء الرياضى : مبدأ سماه پوانكاريه باسم « البرهان بالإجابة » *raisonnement par recurrence* فلا يوجد مثل هذا المبدأ للتسلسل الذى يزعمه پوانكاريه ، فكل هذه تجديفات لم تصل إلى فهم طبيعة البرهنة الرياضية وإنما المسألة تقوم على أساس تعريفات نضعها فى البدء ، ثم نستنتج منها كل ما يتنوه . وليست الرياضيات إذن غير طائفة من التعريفات التى نضعها أولاً ثم نستخلص منها فيما بعد كل الخواص التى يمكن أن تستخلص . وعلى هذا فكما يقول رسل إن الاستقراء الرياضى معناه بطريقة عامة شعبية أن من الممكن أن نطبق ما ينطبق على سلسلة من المتتاليات ، على صلة الأول بالآخر ،

بمعنى أنه ما دمت نستنتج من التوالى فإننا نستنتج أيضاً من نقطة البدء إلى نقطة النهاية. فإذا كانت نقطة البدء « صفر » ونقطة النهاية عدداً ما على أساس افتراض أن الأعداد لامتناهية ، فإن ما ينطبق على الأعداد المتتالية ينطبق بالتالى من الصفر إلى هذا العدد المفروض . ويصور هذه المسألة بقطار مركب من عربات كثيرة فإذا أعطت القاطرة الدفعة الأولى تحركت أولى العربات ثم التالية وهكذا حتى نصل فى النهاية إلى تحرك العربة الأخيرة ؛ فكان أن الحركة التى تعطيها القاطرة للعربة الأولى تنتقل إذن من القاطرة إلى العربة . وكذلك الحال هنا فى حالة الاستقراء الرياضى فكان أن ما ينطبق على العدد الأول فى صلتة بما يتلوه ينطبق على هذا العدد الأول فى صلتة بالعدد الأخير . هذا إذا افترضنا الأعداد متناهية . أما إذا افترضت لامتناهية فيجب أن نبحث عن مبدأ آخر هو ذلك الذى قال به كمتور Cantor فى فكرة اللامتناهيات أو ما بعد المتناهى .

١٨ — الترتيب :

فكرة الترتيب من الأفكار الرئيسية فى كل الرياضيات ، إذ تقوم كلها فيما عدا بعض أحوال قليلة على أساس هذه الفكرة . وليس الأمر مقصوراً على الأعداد الصحيحة بل وأيضاً ينطبق على الأعداد الكسرية والأعداد السالبة والأعداد المتخيلة فى بعض الأحوال . كما يلاحظ أن هذه الفكرة تلعب أخطر دور كذلك فى الكميات المتصلة ، فالنقط فى ترتيبها بعضها إلى بعض فى المستوى لا بد أن تخضع لترتيب خاص ووفقاً لهذا الترتيب تقوم وظيفتها . وكذلك المستقيمات المقاطعة فى نقطة ما ، لا بد أن تخضع أيضاً لترتيب ، والترتيب فكرة اعتبارية خالصة ، أى ليس هناك ترتيب يجب أن يؤخذون أى ترتيب آخر ، إنما الأمر يتوقف على وجهة نظر الشخص المرتب لا على

الأشياء المترتبة في ذاتها . فإذا نظرنا مثلاً في الأعداد الطبيعية وجدنا أن من الممكن أن ترتب على أساس صفر ، ١ ، ٢ ، ٣ . . الخ أو على أساس البدء بالأعداد الفردية ، ثم تتلوها بالأعداد الزوجية : أو البدء بعدد زوجي ثم بالأعداد الفردية التي هي مضاعف العدد ٣ مرات وهكذا باستمرار . . . وكذلك الحال في تحديد النقط في المستوى : قد تكون النقطة متحددة بإحداثيات قوامها أعداد صحيحة أو تكون محددة بإحداثيات ذات قيم كسرية ، وأحياناً بإحداثيات قوامها كميات صماء . . إلى آخره . فالأمر إذن أمر وجهة النظر التي ننظر من خلالها إلى الترتيب ونيس الأمر إذن متعلقاً بالأشياء المترتبة في ذاتها .

ولتحديد خاصة الترتيب لا بد لنا أن نراعى صفات معينة ، وهذه الصفات يمكن أن تستنتج من النظر في الإضافة « سابق وتال » . فإذا نظرنا في هذه الإضافة وجدنا أنها تتصف بالصفات الثلاث التالية :

١ — أنه إذا كانت a سابقة على b ، فلا يمكن أن تكون b سابقة على a وكذلك إذا قلنا مثلاً : a أكبر من b — فلا يمكن أن تكون أيضاً b أكبر من a .

ولكن ثمة أحوالاً ترد فيها الإضافة على نفسها ، ففي حالة الأخ مثلاً : إذا كان a أخاً لـ b ، فإن b أخ لـ a . فالخاصة تسمى لا تماثلية في الحالة الأولى ، وفي حالة الأخ تعتبر تماثلية .

٢ — وإذا كانت a سابقة على b ، b سابقة على c ، فإن a سابقة على c . وكذلك الحال إذا قلنا أكبر من ... إلى آخر هذه الإضافات التي إذا انتقلت من a إلى b ومن b إلى c انتقلت أيضاً من a إلى c . وهذه الإضافة هي الإضافة المتعدية

٣ — ثالثاً : لا بد أن يكون أحد العددين سابقاً والآخر تالياً ، في هذه
الإضافة . وكذلك الحال إذا ما أخذنا أى عددين فلا بد أن يكون أحدهما أكبر
من الآخر . هذا في حالة الأعداد الحقيقية ، أما في حالة الكميات التخيلية المركبة
فليست الحال كذلك . وإذا نظرنا في لحظات الزمن فلا بد أن تكون إحدى
اللحظات أكثر بكوراً من لحظة أخرى ، ولكن بالنسبة إلى حادثين قد يكونان
في حالة معية *simultanéité* ، فإذا كانت الإضافة تقتضى أن يكون أحدهما
بالضرورة سابقاً والآخر لاحقاً سميت في هذه الحالة مرتبطة . فهذه
الخواص الثلاثة هي التي إذا توافرت كونت تركيباً مرتباً ، وكل ترتيب لا بد
بالتالى أن يكون متصفاً بهذه الخواص الثلاث . فإذا أخذنا مثلاً سلسلة الأعداد
الطبيعية ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ . الخ ونظرنا في الإضافة « أقل من »
وجدنا أنها تتصف بهذه الخواص الثلاث : فهي أولاً لائتمائية لأنه إذا كانت
١ أقل من ٢ ، فإن ٢ ليست أقل من ١ ، وهي ثانياً متعددة لأنه إذا كانت ١
أقل من ٢ ، و ٢ أقل من ٣ ، فإن ١ أقل من ٣ ، وهي ثالثاً مرتبطة فأحدهما
أكبر من الثاني في أى زوج أخذناه منهما .

١٩ — أنواع الأعداد :

انتهينا فيما تقدم إلى تعريف العدد ثم تعريف التتالى ثم تعريف
الترتيب ، ولكننا لم نتوسع بعد في معنى العدد بل اقتصرنا تقريباً في كل نظرنا
على العدد الطبيعي . فعلينا الآن أن ننظر نظرة إجمالية عامة في كيفية تعريف بقية
امتدادات فكرة العدد وهي : الأعداد السالبة والموجبة ، ثم الأعداد الكسرية ،
ثم الكميات الصماء *irrationnelle* ثم الكميات التخيلية المركبة .

وحتى عهد رسل وفريجه لم تكن هذه الامتدادات قد حلت تحليلاً دقيقاً

بل أخطأ الباحثون في تحليل معناها لأنهم ظنوا أنها ليست سوى أنواع داخلية تحت جنس واحد، ويمكن رد بعضها إلى بعض في نهاية الأمر، فقالوا عن العدد الموجب إنه ليس شيئاً آخر غير العدد الذى بغير علامة فتلاً العدد + ١ هو بعينه العدد ١ . وقالوا عن الكسور إذا كان المقام فيها العدد ١ إنها هى بعينها الأعداد الصحيحة المكونة للبسوط ، فتلاً $\frac{٥}{٢}$ هى بعينها ٥ . والأعداد أو الكيات الصماء هى الكيات الجذرية أو المنطقية rationnelles وذلك لأن العدد الأصم وليكن $\sqrt{٢}$ هو بعينه كسرين كسرين أحدهما أكبر منه والآخر أصغر منه . ولناخذ مثلاً النسبة التقريبية ٣١٤١٥٩/٣١٤١٥٦ فهذا العدد الأصم هو عبارة عن عدد كسرى أصغر من ٣١٤١٦/٣١٤١٥ وأكبر من ٣١٤١٥/٣١٤١٦ .

وعلى هذا جعلت الأعداد الصماء نوعاً يدخل ضمن الأعداد الكسرية وبالتالي الأعداد الصحيحة . وتكون من مجموع هذه الأعداد كلها : الصحيحة والموجبة والسالبة والكسرية والصماء ما يسمى بمجموع الأعداد الحقيقية real numbers وذلك فى مقابل النوع الآخر من الأعداد وهو الأعداد التخيلية المركبة . والأعداد التخيلية المركبة هى عبارة عن عدد تخيل مع عدد حقيقى ، والعدد التخيلى هو عبارة عن جذر أى عدد سالب . ونشرح هذا قليلاً فنقول : إن جذر العدد السالب وليكن جذر - ١ هذا هو ما نسميه باسم المقدار التخيلى ومعنى هذا أن $\sqrt{-١} \times \sqrt{-١} = ١$ وعلى هذا فإن $\sqrt{١ - \sqrt{-١}}$ $\sqrt{١ - \sqrt{-١}} \times \sqrt{١ - \sqrt{-١}} = ١$. وفى استطاعتنا بعد هذا أن نحدد مقدار $\sqrt{١ - \sqrt{-١}}$ بواسطة جذر $\sqrt{١ - \sqrt{-١}}$ لأن المراد فى النهاية الوصول إلى $\sqrt{١ - \sqrt{-١}}$ بوصفه الوحدة التخيلية .

فإن الوحدة ستكون جذر $1 - \sqrt{1}$ ولنرمز لها بالحرف ت

فإذا بحثنا بعد هذا في قوى الوحدة التخيلية وجدناها :

$$ت^2 = 1 - ت$$

$$ت^3 = 1 + ت$$

$$ت^4 = 1 - ت$$

$$ت^5 = 1 + ت$$

$$ت^6 = 1 - ت$$

وتستمر العملية على التوالي في دورات رباعية . والأعداد التخيلية المركبة هي التي يكون فيها جزء حقيقي وجزء تخيلي مثل $1 + ت$ ، وتسمى الكميّتان التخيليتان المركبتان اللتان لا تفرقان إلا بواسطة العلامة السابقة على الجزء التخيلي بأنهما كميّتان مترافقتان conjugate ولجمع وضرب الكميّات التخيلية المركبة المترافقة سنصل إلى كميّات حقيقية . فمثلاً إذا جمعنا :

$$1 + ت + 1 - ت = 2 \quad (وهو عدد حقيقي)$$

وكذلك إذا ضربنا الكميّتين فأصبحنا

$$1 + ت + 1 - ت = 2 \quad 1 - ت \times 1 + ت = 2$$

$$= 2 \quad (وهذه كمية حقيقية)$$

والقسمة تم كما يلي — وتستعمل دائماً في تحويل كسر مقامه تخيلي إلى كسر آخر مقامه حقيقي وذلك يتم بضرب البسط والمقام في مرافق المقام : —

$$(1 - ت) \times (1 + ت) = 1 - ت^2 = 1 - (1 - ت) = ت \quad (1) \quad 1 - ت = ت \quad 1 + ت = 2$$

$$\frac{2}{2} \frac{4-3-8-6}{16-12-12+9} = \frac{(4-3)(4+3)}{(4-3)(4+3)} = \frac{4+3}{4+3}$$

$$\frac{4+3+6}{16+9} = \frac{2}{2} \frac{4-5-6}{16-9} =$$

$$\frac{4-2}{5} = \frac{5-10}{25} =$$

$$1- = \overline{1-} \times \overline{1-} \text{ فمن التعريف}$$

وبضرب كلا الطرفين في $(\overline{1-} \overline{1-})$ إذن ينتج

$$1 \times 1- = \overline{1-} \times \overline{1-} \times \overline{1-} \times \overline{1-}$$

$$1- = (\overline{1-} \times \overline{1-}) \text{ إذن}$$

$$\overline{1-} \times \overline{1-} = 1- \text{ إذن}$$

ونستطيع بعد هذا - وفقاً لما وصلنا إليه من تحديدات حتى الآن لمعنى العدد والإضافات وخواص الإضافات - أن نعرف هذه الأنواع من الامتداد للعدد تعريفات دقيقة وفقاً لفكرة الإضافة وخواص الإضافة خصوصاً فكرة التضاييف المشترك ، ولنبدأ بالأعداد السالبة والموجبة فنقول : إننا لو فرضنا عددين أحدهما موجب والآخر السالب وليكن الواحد + ١ والآخر ١- فمن الواضح أولاً أن مجال أحدهما معكوس مجال الآخر ، ومن الواضح ثانياً أن العدد + ١ هو الإضافة الموجودة بين ع ١ + ع ١ ، مع افتراضنا أن ع أى عدد ، وأن العدد - ١ هو الإضافة الموجودة بين ع ١ + ع ١ ، وبتعميمنا لهذه القاعدة فإننا نستطيع أن نقول أننا لو أخذنا + م فإنه يعرف بأنه الإضافة القائمة بين

ع + م كع وأن — م هي الإضافة القائمة بين ع كع — م . والمشهد في هذه الإضافة أنها متصفة بصفة التضايغ المشترك على أساس الواحد والواحد ، لأنها نسبة ثابتة قائمة دائماً بين ع + م كع ، أو في حالة السلب بين ع وع + م . وفي هذا كله يشاهد أن + م أو — م تدل على إضافة ولا تدل على عدد مفرد قائم بذاته ، ومن هنا الاختلاف بين + م كع أو + م كع إلى آخره . فالواقع أن ثمة farkاً كبيراً بين + م و م وهذا ظاهر من كون الأول إضافة والثاني ليس بإضافة .

٢٠ — ولنبحث بعد هذا في الأعداد الكسرية وهي تكون طائفة أكبر أهمية من الناحية المنطقية من طائفة الأعداد السالبة والموجبة وقد بحثها خصوصاً من ناحية المقياس هو يتهد في كتاب "*Principia Mathematica*" ولكن رسل يحاول أن يعرفها من ناحية ما هي عليه لا من ناحية وظيفتها الأصلية في المقياس لأن الأصل في استخدام الكسور هو استخدامها في المقياس ، ولتعريفها — ولنفرض الكسر $\frac{م}{ص}$ — نقول إن الكسر هو الإضافة الموجودة بين س و ص بحيث تكون م ص = م س . ولو نظرنا في هذه الإضافة وجدنا أنها إضافة ثابتة متضايفة مشتركة من نوع الواحد والواحد ؛ هذا بشرط ألا تكون س أو ص العدد صفر ، وفيما عدا هذا كما سيتبين بعد قليل نجد دائماً أن الكسر $\frac{م}{ص}$ هو الإضافة الموجودة بين س ، ص بحيث تكون م ص = ن س . فإذا نظرنا بعد هذا في الكسور التي يكون المقام فيها العدد ١ فإننا سنجد أن الكسر $\frac{م}{١}$ وليكن $\frac{م}{١}$ هو الإضافة الموجودة بين س و ص بحيث تكون م ص = م س أو العكس س = م ص . ومن الواضح أن هذه الإضافة متضايفة مشتركة وأنها من نوع الواحد والواحد لأن القيم هنا متعينة أو معلومة ، بينما العدد م فقط

لا يعبر عن أية إضافة بل هو عدد مفرد ، فليس بصحيح إذن أن الكسور التي تكون مقاماتها الوحدة هي بعينها البسوط .

أما إذا كان الكسر بسطه صفر على صورة $\frac{م}{م}$ فإنه يعبر عن إضافة وهذه الإضافة قيمتها صفر ، ولكن هذا الصفر ليس هو الصفر الجدا الأعلى للأعداد إنما يعبر عن نسبة لو أخرجنا مقدارها لآتتجت صفراً ، وهذه الإضافة في هذه الحالة إضافة ثابتة متضايقة مشتركة ولكنها من نوع الواحد والكثير one-many . أما إذا جعلنا الصفر هو المقام على الصورة $\frac{م}{صفر}$ فإن لدينا هنا نسبة لا يمكن أن يعبر عنها بأى عدد متناه ولذلك تسمى باللاتناهية ويرمز إليها هكذا ∞ وهنا يلاحظ أن اللامتناهى هنا هو اللامتناهى المستخدم عادة في القيم الرياضية وقيمه ضئيلة جداً حتى أن من الممكن استبعاده — بخلاف اللامتناهى البكتورى فهذا على أخطر درجة من الأهمية في الرياضيات ولولا ضيق المقام لتحدثنا عنه . ومن المشاهد جلياً أن الكسر في هذه الحالة يعبر عن إضافة ثابتة مشتركة من نوع الكثير والواحد . ولو نظرنا بعد هذا في قيمة الكسور من حيث الكبر والصغر فإننا سنجد أننا هنا أيضاً بإزاء إضافات ولكنها إضافات لا يمكن أن نجد بينها تثنائياً مباشراً ، فإذا أخذنا مثلاً $\frac{١}{٢}$ و $\frac{١}{٣}$ بحيث يكون الكسر $\frac{١}{٢}$ أقل من الكسر $\frac{١}{٣}$ فإننا سنجد دائماً أنه لا بد من وجود كسور متوسطة بين أى كسرين أخذتهما مهما كان من قرب تساويهما بحيث لا يمكن الفراغ من النسبة القائمة بينهما . والدليل على ذلك أن $\frac{١}{٢} + \frac{١}{٣}$ هو أكبر من $\frac{١}{٢}$ وأقل من $\frac{١}{٣}$. وهذا ما يسمى باسم اللامتناهى وفقاً لما هو معروف في اللامتناهى العادى غير البكتورى باسم بديهية اللامتناهى . وتسمى السلسلة التي من هذا النوع باسم السلسلة المكتظة compact أى التي يوجد بينها دائماً وإلى ما لانهاية

كسوراً أيّاً ما كانت هذه الكسور ومهما اقترب التساوى بين كسرو كسر آخر .

٢١ — وهنا لصل إلى القسم الثالث الذى هو أطرف هذه الأنواع وهو الأعداد الصماء . وقد اكتشنت أولاً عن طريق الهندسة حينما بحث فيثاغورس فى قطر المربع لكى يقيسه فوجد أن هذا القطر يتحدى فى قياسه أحياناً كل الحساب وذلك حينما يكون الضلع مساوياً للوحدة . فإن القطر فى هذه الحالة يساوى $\sqrt{2}$ ، ولا نستطيع أن نستخرج كسراً أيّاً كان يعبر عن $\sqrt{2}$ ومن هنا سمى بالعدد الأصم . وقد برهن على استحالة وجود هذا الكسر إقليدس فى المقالة الثالثة عشرة من كتاب أصول الهندسة ، القضية رقم ١١٧ والبرهان واضح بسيط ولذا يجب أن نعرضه .

البرهان : لنفرض أن جذر العدد ٢ هو $\frac{p}{q}$ ، فإننا سنجد أن $\frac{p}{q} = 2$

$$\text{إذن } 2^2 = p^2$$

$$\therefore p^2 \text{ عدد زوجي}$$

$\therefore p$ عدد زوجي لأن مربع أى عدد فردى يجب أن يكون فردياً كذلك .

$\therefore p^2$ تقبل القسمة على ٤ لأننا لو فرضنا أن p نصف m

فإن m تساوى ٢ ص ، إذن $m^2 = 4$ ص ، إذن $2^2 = 4$ ص

إذن $2^2 = 4$ ص ، إذن $\frac{p}{q} = 2$ $\therefore \frac{p}{q} = \sqrt{2}$ فكان

$\frac{p}{q}$ ستكون إذن الجذر التربيعى للعدد ٢

وبالمثل نستطيع بالاستمرار فى البرهان أن نفرض أن $2 = \frac{p}{q}$ إذن $2^2 =$

$$4 = p^2$$

$$\therefore 2^2 = 4 = p^2 \therefore p = 2 \therefore \frac{p}{q} = 2 \therefore \frac{p}{q} = \sqrt{2}$$

وفي كل هذه الأحوال نجد دائماً أننا مهما قسمنا البسط أو المقام على ٢ فإننا سنستمر خلال سلسلة لا تنتهي من الأعداد التي تنقسم على ٢ ولكن هذا مستحيل لأن أى عدد زوجي يقسم على ٢ ، لا بد بعد عدد متناه من العمليات أن يفضى إلى عدد فردي . إذن لا وجود لمثل هذا الكسر ، إذن لا يمكن أن يوجد مقدار مشترك هو $\frac{1}{2}$ ، إذن لا يوجد جذر للعدد ٢ .

ويقدم إقليدس برهاناً آخر أبسط من هذا بأن يقول : لنفرض أن الكيتين المشتركين هما ١ و ٢ : ١ الضلع ، ٢ القطر . فلنرد هاتين الكيتين إلى أدنى قيمهما ، وذلك بالإتيان بالقاسم المشترك الأعظم وقسمته على كل من العددين فنصل حينئذ إلى عددين أحدهما أولى بالنسبة إلى الآخر ، أى إذا كان أحدهما فرداً فالآخر زوج والعكس بالعكس .

$$\text{البرهان : (تبعاً لنظرية ٢٩)} \quad ٢ \mid ٢ = ٢ \quad \therefore ٢ \mid ٢ = ٢ \text{ عدد زوجي}$$

$$٢ \mid ٢ = ٢ \text{ عدد زوجي}$$

ولكن لا بد أن تكون ١ في هذه الحالة — مادامت ٢ عدداً زوجياً — عدداً فردياً . ولما كانت ٢ عدداً زوجياً فيمكن أن يرمز إليها بالرمز ٢ ع . وعلى هذا فإن :

$$٢ \mid ٢ = ٢ (٢ ع) \quad \therefore ٢ \mid ٢ = ٢ \quad \therefore ٢ \mid ٢ = ٢ (٢ ع)$$

$$\therefore ٢ \mid ٢ = ٢ \quad \therefore ٢ \mid ٢ = ٢ \text{ عدد زوجي} \quad \therefore ٢ \mid ٢ = ٢ \text{ عدد زوجي}$$

ولكننا قلنا من قبل إنه عدد فردي — وهذا خلف ، إذن الفرض الأصلي غير صحيح وهو أن تكون ١ و ٢ مشتركتين ، إذن هما غير مشتركتين .

وقد ظهر هذا البرهان وهذه النتيجة وكأنهما تحدد من الطبيعة للرياضيات
بإثباتها أنه ليس من الممكن رد كل شيء إلى تعبير بلفظة أو بدلالة الواحد ،
وكانت المسألة قد نشأت في البدء عن اعتبارات هندسية من حيث إيجاد قطر المربع
الذى يكون ضلع المربع فيه يساوى الوحدة ، ولكنها امتدت في العصور الحديثة
إلى الجبر فأصبحت جزءاً من التحليل . فلكي يمكن استخراج $\sqrt{2}$ علينا أن
نفترض في هذه الحالة أن ثمة مجموعة من النسب يكون مربعها أقل من ٢ وإذا
أخذنا أى مقدار ليكون الفارق بين العدد ٢ وآخر مربع كسر نصل إليه بما
يكون لا يزال أقل ٢ وليكن هذا المقدار مثلاً واحد على ترليون — فانه لا بد أن
يستمر هذا الفارق موجوداً باستمرار . كما أننا إذا أتينا بكسور بطريقة تنازلية
لكي نصل إلى جذر العدد ٢ فان الحد الأدنى لمربع هذه الجذور سيكون دائماً
أكبر من العدد ٢ ، وهكذا لو أننا أحطنا جذر العدد ٢ بحبل يدور حواليه فإننا
لن نصل إطلاقاً إلى تحديد هذا المقدار وهو $\sqrt{2}$.

ومن هنا نستطيع أن نمثل هذه الحالة بوجود سلسلتين : إحداها تصاعدية
مهما علونا فيها فلن يزيد مربع آخر كسورها عن العدد ٢ كما أن ثمة سلسلة أخرى
تنازلية لن يقل الأدنى من كسورها عن العدد ٢ . ومن هنا قسم Dedekind
الأحوال الممكنة في هذه النقطة أى نقطة جذر ٢ أو ما يشابهها بأن سمي هذه النقطة
باسم الشق ، وسمى فيما بعد باسم الشق الديديكندى . ويمكن أن تكون له
أحوال أربع :

١ — أن يكون للكمية العليا حد أدنى ، وأن يكون للكمية الدنيا حد
أعلى ؛ وهذا لا يتيسر إلا بالنسبة للأعداد المترتبة أى الأعداد الطبيعية في ترتيبها
الطبيعى : فمثلاً بالنسبة إلى العدد ٥ في ترتيب الأعداد الطبيعية ستكون هي بعينها
الحد الأدنى للسلسلة العليا ، وستكون هي الحد الأعلى بالنسبة إلى السلسلة الدنيا .

٢ — أن لا يكون للعليا حد أدنى ، ويكون للدنيا حد أعلى .

٣ — أن يكون للعليا حد أدنى ، ولا يكون للدنيا حد أعلى .

٤ — أن لا يكون للدنيا حد أعلى ، ولا للعليا حد أدنى ، وهذه الحالة الأخيرة هي الخاصة بالأعداد الصماء . ويمكن أن نسمي السلسلة الدنيا باسم « القطاع » segment فإذا كان له حد كان ذلك عدداً حقيقياً ، وإن لم يكن له حد كان ذلك عدداً أصم . ومن هنا نستطيع أن نعرف الأعداد الحقيقية والأعداد الحقيقية الصماء والأعداد الحقيقية الجذرية كما يلي :

العدد الحقيقي هو المكون من قطاع لسلسلة من الكور تترتب وفقاً للمقدار .

والعدد الحقيقي الأصم هو القطاع الذي لا يكون له حد .

والعدد الحقيقي الجذري هو المكون من القطاع الذي يكون له حد .

وهنا نصل أخيراً إلى الأعداد التخيلية فنجد أن الأصل في إيجادها هو حل المعادلات . فنحن نريد أن يكون في وسعنا أن نستخرج جذرين للمعادلات التي من الدرجة الثانية ، وثلاثة جذور للمعادلات التي من الدرجة الثالثة وهكذا ... ولكننا إذا اقتصرنا على الأعداد الحقيقية لم نستطع . فمثلاً المعادلة $x^2 + 1 = 0$ صفر ، لا نجد لها أى جذر هو عدد حقيقى . $x^2 + 1 = 0$ صفر $x^2 = -1$.

... $x^2 = -1$ و $x^2 = -1$ عدد تخيلى وليس عدداً حقيقياً . وكذلك إذا أخذنا المعادلة الآتية من الدرجة الثالثة $x^3 - 1 = 0$ صفر فإن هذه ليس لها غير جذر واحد .

$$س^٢ = \text{صفر} + ١ \quad \therefore س^٢ = ١ \quad \therefore س = ١$$

فاستخرج الجذرين الباقيين لن يتم إلا باستخراج الأعداد التخيلية .

ونستطيع أن نعرف وفقاً لما قلناه العدد التخيلي بأنه هو زوج مرتب من الأعداد الحقيقية . فيتصف إذن بالخواص التالية : أنه مكون من عددين حقيقيين . وثانياً : أن أحد العددين لابد أن يسبق الآخر بالضرورة لأن الزوج مرتب . وأنه لكي يكون أى عددين تخيليين متساويين فيجب أن يكون العدد الحقيقي في القسم الأول هو بعينه العدد الحقيقي في القسم الأول من السكبة الثانية وأن يكون العدد الحقيقي في القسم الثانى هو بعينه العدد الحقيقي في القسم الثانى من السكبة الأخرى ويمكن تمثيل الأعداد التخيلية بواسطة الهندسة ، كما بين هذا كلفورد في كتابه Common sense of the exact sciences .

٢٢ — وبهذا كله نكون قد بينا النظرية الجديدة لفلسفة الرياضيات وطريقة البرهنة فيها . ويلاحظ عليها ما يلي : أولاً أن الرياضيات تقوم كلها على أساس طائفة قليلة من الأفكار الأولية والمبادئ البسيطة التي تفترض افتراضاً بوصفها تعريفات . ثانياً أن الرياضيات في تكوينها لا تخضع لأى شئ آخر غير العمليات المنطقية وليست الرياضة في الواقع غير نماء لمنطق سابق . ثالثاً أن الاستدلال يتم في هذه الحالة وفقاً لما في التعريف ولا يخرج عنه إطلاقاً ، وبعبارة أخرى أن هاهنا تحصيل حاصل مستمر وليس ثمة أية جدة والأمر متوقف على المفترضات وهى توضع دائماً في صيغة الشرط : إذا كان كذا كان كذا ، ومادامت الرياضيات تقوم في مقدماتها على قضايا شرطية فالرياضيات كلها شرطية تخيلية مجردة لا صلة لها بالحقيقة الواقعية يمكن أن تنطبق أو لا تنطبق في العالم الخارجى وستكون كالمنطق سواء بسواء وليس ثمة من فارق بين المنطق والرياضة اللهم إلا في أن الرياضة تطور للمنطق ،

فالمنطق هو الرياضة في دور الطفولة ، والرياضة هي المنطق في دور الرجولة — على حد تعبير رسل .

وبهذا تكون النظرية الجديدة قد قضت على كل هذه التخرصات التي قال بها الفلاسفة والرياضيون أن البرهان الرياضي يقوم على الجدة وأن فيه تركيباً باستمرار وانتقالاً من بسيط إلى مركب وأنه يقوم على أساس ما يسميه كَنت باسم القضايا التركيبية القبلية : فلا وجود للقبلية هنا إلا إذا اعتبرناها افتراضاً ذهنياً كما أنه لا وجود للتركيب لأن المسألة مسألة استدلال يجري في نطاق ما هو وارد في المبادئ أو المفترضات أو المصادر ولا يخرج عنه . وهو إذن تحصيل حاصل مطلق ولا معنى بعد لأن نضيف إلى الرياضة والاستدلال الرياضي هذا السر الموهوم للتركيب فيما زعمه هؤلاء الفلاسفة والرياضيون .

ورسل في هذا يقول إنه يعود إلى لينتس ولكنه في الواقع يخرج عن هذه التقاليد الرياضية أو الفلسفية وينتهي بالرياضة إلى جعلها جزءاً من المنطق وإلى جعل المنطق جزءاً من الرياضة . فقد رأينا خلال هذا البحث أننا قد استطعنا أن نحدد كل الأعداد وفقاً للأفكار الأولية التي عرفناها مع ذلك على أساس منطقي بالنظر إلى الخواص المنطقية للاضافات ، فكان الأساس في كل النظام الرياضي هو الخواص الصورية للاضافات ، وعلى ذلك تنحل الرياضة في النهاية إلى أن تكون نوعاً من المنطق أو نحواً منه .

المنهج الاستدلالي

١ — معنى الاستدلال :

الاستدلال هو البرهان الذي يبدأ من قضايا يلم بها ، ويسير إلى قضايا أخرى تنتج عنها بالضرورة ، دون التجاء إلى التجربة ؛ وهذا السير إما بواسطة القول أو بواسطة الحساب . فالرياضي الذي يجري عمليات حسابية دون إجراء تجارب ، يقوم بعملية استدلال . ولا يقتصر استعماله على الرياضيات ، بل نجد في كل فرع من فروع العلم ، كما نثره في الحياة العملية . فالقاضي الذي يستدل اعتماداً على مآلديه من وثائق ، والمضارب الذي يستدل وفقاً للمعروض والمطلوب من الأوراق المالية يقوم كلاهما بنفس العملية التي يقوم بها الرياضي وهو يحسب أو يستنتج نظريات هندسية .

وخلق بنا أن نفرّق بين الاستدلال كعملية منطقية ، والاستدلال كسلوك منهجي لتحصيل الحقيقة . فالاستدلال كعملية منطقية أولية هو كل برهان دقيق ، مثل القياس أو الحساب الخ . أما الاستدلال كمنهج فهو السلوك العام المستخدم في العلوم ، والرياضة منها خصوصاً ، وهو عبارة عن التسلسل المنطقي المنتقل من مبادئ أو قضايا أولية إلى قضايا أخرى تستخلص منها بالضرورة ، دون التجاء إلى التجربة . وذلك في مقابل المنهج الاستقرائي أو التجريبي القائم على الملاحظة والتجربة .

والطابع المميز الرئيسي في كل استدلال هو الدقة^(١) . وعدم الدقة يحدث في الأحوال التالية .

(١) راجع كلود شفاليه « الدقة والمنهج البديهي » ، في ، مباحث فلسفية ، ج ٢ ،

ص ٢٥٧ — ص ٢٦١ .

Claude Chevalley : "Rigueur et methode axiomatique", in, Rech. Philosophiques, t. II.

١ — حينما يدخل المرء في البرهان قضية ، وإن كانت تظهر له جيدة ، فإنها ليست نتيجة برهنة سابقة ، من غير أن يشير إلى ذلك صراحة ؛

٢ — أو حينما يدخل موضوعاً لم يثبت من قبل وجوده ؛

٣ — أو حينما يففل تحديد لفظ مستخدم في البرهنة أو في النتيجة .

فلكى تتوافر للاستدلال صفة الدقة لا بد إذن من أن تحتاط فلا ندخل في البرهان قضايا أو تصورات لا يمكن تبريرها إلا بواسطة التجربة . حقاً إن للمرء الحق في أن يأتي بقضايا جديدة ، في داخل البرهنة ، ولكن بشرط أن يشير إلى ذلك صراحة ، كما له أن يدخل أفكاراً جديدة ، ولكن على أن يحددها بالدقة ويبين المعنى الذى يريد أن يفهمها به .

كما يجب أن نفرق من ناحية أخرى بين الاستدلال والبرهنة . فالاستدلال عملية منطقية فيها تنتقل من قضايا منظوراً إليها في ذاتها (بصرف النظر عن صدقها أو كذبها) إلى قضايا أخرى ناتجة عنها بالضرورة ووفقاً لقواعد منطقية خالصة ؛ أما البرهنة démonstration فأخص من الاستدلال ، إذ هي استدلال يراعى فيه التسليم بصدق المقدمات ، وبالتالي يرمى إلى إثبات صحة النتيجة . فالاستدلال إذن لا يحدثننا عن صدق النتائج ، وإنما عن صدورها ضرورة عن مقدمات معلومة ؛ أما البرهنة فتخبرنا بصدق ما نصل إليه من نتائج لأنها تقوم على التسليم بصدق المقدمات .

٢ — النظام الاستدلالي :

ونحن لو نظرنا في أى استدلال ، لوجدناه يبدأ من قضايا ويسير منها إلى أخرى تنتج عنها ضرورة . وقد تكون القضايا الأولى مستنتجة من قضايا سابقة

عليها في داخل هذا العلم الواحد الذى تنتسب إليه تلك القضايا ، ولكن هذا الاستنتاج لا يستمر في داخل ذلك العلم الواحد المعين على الأقل ، إلى غير نهاية . بل لابد من التوقف عند قضايا لا يبرهن عليها ، أو غير قابلة للبرهنة عليها في هذا العلم . ولهذا تسمى بالقضايا الأولية . ومثلها التصورات الأولية التى لا تقبل أن تعرف ، على الأقل في هذا العلم . ومن هذه القضايا الأولية والتصورات الأولية التى تسمى المبادئ ، يستنتج الإنسان باستمرار قضايا أو تصورات أخرى استنتاجاً ضرورياً ، وفقاً لقواعد المنطق وحده ، وهذه القضايا المستنتجة تسمى النظريات *théorèmes* . فكان الاستدلال يكون إذن نظاماً *système* من المبادئ والنظريات ، هو ما يعرف باسم النظام الاستدلالي .

فالنظام الاستدلالي أو النظرية الاستدلالية كما يقول لوى روجيه^(١) « تقوم على أساس الابتداء من عدد ضئيل من الموضوعات غير القابلة للتحديد ، والقضايا غير القابلة للبرهنة ، من أجل تركيب موضوعات جديدة موجودة منطقياً ، بواسطة العمليات المنطقية وحدها ؛ ومن أجل استنتاج قضايا جديدة صادقة بالضرورة ، وفقاً لقواعد الحساب المنطقي وحدها ، على فرض أن الموضوعات الأولية والقضايا الأولية ليست متناقضة » .

« وتبعاً لهذا التعريف ، تتكون كل نظرية استدلالية من عملية رد مزدوجة : رد التصورات بعضها إلى بعض بواسطة التعريف ، ورد القضايا بعضها إلى بعض بواسطة البرهنة . وتعريف التصور معناه رده ، بواسطة عمليات المنطق وحدها ، إلى مزيج من تصورات أكثر بساطة ؛ أما البرهنة على قضية ، فمعناها ردها ،

(١) لوى روجيه : تركيب النظريات الاستدلالية ، باريس سنة ١٩٢١ ، ص ٦٣ :

Louis Rougier : *La Structure des théories déductives*.

بواسطة تضمينات بسيطة وإجابات ممكنة تسمح بها قواعد الحساب المنطقي ، إلى مزيج صوري من قضايا أخرى ، يسلم بصحتها أو برهن عليها من قبل . وعملية الرد المزيج هذه لا يمكن أن تتابع إلى غير نهاية ؛ بل لامناص من الوقوف عند عدد ضئيل من التصورات غير القابلة للتحديد ، يمكن أن نرد إليها كل التصورات الأخرى ، بواسطة تعريفات لفظية ، وعند عدد قليل من القضايا غير القابلة للبرهنة يمكن أن نرد إليها كل القضايا الأخرى ، بواسطة البرهينات » .

٣ — والنظام الاستدلالي ليس نظاماً مطلقاً ، أي ضروري اليقين ، بل إنه يتصف بثلاث صفات حددها روجيه بوضوح (ص ٦٥ وما يليها) هي : أنه اصطلاحي ؛ وأنه غير معين ؛ وأنه ، مع ذلك ، غير اعتباطي :

(١) فهو أولاً اصطلاحى بمعنى أن كلمة « غير قابل للحد » ، « وغير قابل للبرهنة » ، في إطلاقهما على التصورات والقضايا الأولية ، يجب أن لا يفهما بمعنى مطلق ، أعنى بمعنى أنه ليس من الممكن إطلاقاً تعريف هذه التصورات ولا البرهنة على تلك القضايا . وإنما تتصف التصورات الأولية والقضايا الأولية بهاتين الصفتين بالنسبة إلى نظام من التعريفات والبرهينات معين ، حتى إنه من الممكن أن يبرهن على هذه القضايا وأن تعرف تلك التصورات بالنسبة إلى نظام آخر . فإذا أخذنا مثلاً هندسة إقليدس ، فإننا نجد من الممكن استخدام أنواع لا حصر لها من نظم التصورات والقضايا الأولية ، وكلها متساوية القيمة . فيانو Peano يتخذ كتصورات أولية لهذه الهندسة النقطة والقطعة ؛ وبيرى Pieri يتخذ للنقطة والحركة ؛ وفيلن Veblen ، النقطة والترتيب ؛ ومادوا Padua النقطة ، والبعد بين نقطتين ؛ وهلبرت Hilbert النقطة ، والستيم ، والمستوى ، وواقع على ، وواقع بين ، وموازل . ووفقاً لاختلاف هذه التصورات الأولية ، تختلف القضايا الأولية في كل حالة .

فكل نظام من هذه الأنظمة مساو في القيمة للآخر ، بمعنى أن من الممكن أن يستنتج منه نفس المجموع من التعضايا ؛ والأمر يتوقف إذن على النتائج التي يصل إليها ثمة ابتداء من التصورات والتعضايا الأولية التي فرضها . ولا معنى بعد للتحديث عن عدم القابلية المطابقة للبرهنة على أية قضية أولية أو للتعريف لأي تصور أولي ، بل تتوقف هاتان الصفتان على نظام الإشارة ؛ كما هي الحال تماماً في التحديث عن السكون والحركة بالنسبة إلى جسم ما ، فإن هذا لا معنى له إلا بالنسبة إلى نظام من الإحداثيات يشار إليه . وعلى هذا فلا معنى مطلقاً لتساؤل عن إمكان البرهنة على مصادرة إقليدس مثلاً ، إلا إذا كان ذلك بالنسبة إلى بقية المصادرات الإقليدية . وهذا يفسر عبث المناقشات التي قام بها أهل الهندسة ابتداء من أبرقاس حول إمكان البرهنة على تلك المصادرة . وإنما هذه المصادرة لو أخذت على أنها غير قابلة للبرهنة ، لأدت بنا إلى القول بأن زوايا المثلث مجموعها يساوي قائمتين وأن ثمة مثلثات أو أشكالاً متطابقة . ونحن نستطيع من جهة أخرى ، إذا ابتدأنا من هاتين القضيتين ، أن نبرهن على مصادرة إقليدس .

(ب) والصفة الثانية أن اختيار النظام الاستدلالي غير معين ، بمعنى أننا لا نضيف إلى الأفكار الأولية أى معنى خاص ، عياني ، كيانى ؛ بل يجب أن نعد هذه الأفكار رموزاً غير محددة نجرى عليها العمليات التي يسمح بها الحساب المنطقي ، دون نظر إلى ما تمثله مادياً . ولهذا فائدة كبرى في أن مثل هذه الطريقة تسمح باستبعاد كل إهابة بالعيان في سلسلة الاستدلالات ، تلك الإهابة التي تقضى إلى أن ندخل سراً مصادرة جديدة مما من شأنه أن ينقص من الدقة ، وأن يحيل الضرورة الاستدلالية إلى بيئة واقعية .

ولعدم التعيين هذا فائدة في التعميم . إذ سيكون للنظام الاستدلالي طابع شككى أو صورى خالص ، فيمكن أن ينطبق على أية مادة أياً كانت ، مما يسمح

بتفسيره تفسيرات عدة . فيونكاريه Poincaré قد استطاع أن يقدم ثلاثة تفسيرات إقليدية لمهندسة لوبتشفسكى ، منظوراً إليها من الناحية الصورية الخاصة . وهذا ما جعله يقول : « إن الرياضيين لا يدرسون موضوعات ، بل إضافات ونسباً بين الموضوعات ؛ فلا يعنيهم إذاً أن يستبدلوا بهذه الموضوعات غيرها ، بشرط أن لا تتغير الإضافات . فالمادة لا تعنيهم ، إنما الصورة وحدها هي التي تهتمهم »^(١) .

• (ح) ولكن ، على الرغم من أن اختيار نظام استدلالى اصطلاحى وغير معين ، فإنه ليس اعتباطياً ، يجرى كما يهوى المرء ، بل يجب أن يلتزم حدود شرطين ضروريين ، هما : الكفاية والإحكام .

فالنظام الاستدلالى يكون كافياً ، إذا هيا لنا ، لو بدأنا من التصورات والقضايا التى اخترناها أولية ، أن نحدد كل التصورات الأخرى ، ونبرهن على كل القضايا الأخرى فى العلم المعين . ويكون محكماً ، إذا كانت القضايا الأولية متوافقة ، أى لا تؤدى إلى تناقض فيما بعد .

ولكى نتحقق من وجود الإحكام ، لدينا منهجان : الواحد عيانى ، والآخر منطقى . فالمنهج الأول يقوم على المبدأ الذى يقول : « كل ما هو واقعى ممكن » ، والواقعى هو ما يوجد فى التجربة أو يمكن أن يصور عيانياً . فتستطيع مثلاً أن تبرهن على إحكام بديهيات إقليدس بأن تبين أنها تصير قضايا صادقة حينما ننظر إلى النقط ، وأصناف النقط وإضافاتها المكانية كأنها الموضوعات وإضافات المعينة التى تشير إليها .

والمنهج الثانى ، أو المنطقى يقوم على أساس التسليم بإحكام الأفكار والقضايا

(١) هنرى پونكاريه : « العلم والفرض » ، ص ٣٢ .

الأولية لنظرية ما ، ثم البحث في إعطاء الرموز غير المحددة لنظرية أخرى ، تفسيراً قائماً على النظرية الأولى . فمثلاً إذا سلمنا بإحكام المصادرات في الهندسة العادية ، نحاول بعد هذا أن نرد إلى هذه المصادرات قضايا الهندسات اللاإقليدية . وإحكام القضايا الإقليدية يمكن بدوره أن يثبت بواسطة مبادئ التحليل ، بأن نترجم القضايا الهندسية إلى معادلات وذلك باستخدام الإحداثيات ؛ مما يفضى بنا إلى إضافات تحليلية يتوقف عدم تناقضها على عدم تناقض مبادئ الحساب ، وذلك تبعاً لاحتساب الرياضيات . ومبادئ الحساب يمكن بدورها أن تفسر بواسطة المنطق الرياضي ، كما بين ذلك رسل وهو يهتد . وكأن إحكام العلوم الرياضية قد رد إلى إحكام المنطق الرياضي .

تلك هي الخصائص الثلاث الرئيسية التي يجب أن تتوافر في كل نظام استدلالى ؛ وقد يضاف إليها صفات أخرى ثانوية ، أهمها استقلال الأفكار والقضايا الأولية ، واقتصادها إلى أكبر درجة ، وكونها خصبة .

فالقضايا الأولية تكون مستقلة ، إذا لم تكن إحداها تتحدد بواسطة الأخرى ، ابتداء من المصادرات التي تحدد إضافاتها ، وتكون موجزة حينما نختصر عددها إلى أقل عدد ممكن ؛ وتكون خصبة إذا تضمنت كثيراً من النظريات .

٤ — تكوين النظم الاستدلالية :

وقد رأينا من قبل في عرضنا لتكوين الرياضيات أن العلوم الرياضية قد تكونت بانضمام أفكار بعضها إلى بعض سائر من تجريد إلى تجريد أعلى حتى نصل إلى درجة نستطيع فيها أن نكون بناء محكماً من الأفكار والقضايا الأولية والنظريات ، كما هو الحال مثلاً في هندسة إقليدس وجبر فيثاغورس . فكل

نظام استدلالى لا يتكون إذا دفعة واحدة ، كما أنه لا يكون دقيقاً كل الدقة ،
إذ لا يزال يبقى به كثير من القضايا الدخيلة والتصورات المتطفلة التى لا تنسب
إلى القضايا والتصورات الأولية التى بدأ منها العلم ، بل تقوم على عيانات وامتنالات
مما يفقد هذا النظام الاستدلالى الكثير من دقته . فكثير من البرهانات الموجودة
فى إقليدس كان يحتوى على مصادرات وقضايا غير تلك التى صاغها صراحة فى مقدمة
نظامه الاستدلالى ، واستمرت هذه البرهانات تعد صادقة دقيقة ، لمدة طويلة . لأن
النقص الذى اعتورها لم يكن قد اكتشفه الرياضيون بعد . ولكن بفضل تقدم
الرياضة فى سبيل الدقة ونمو المنطق بدرجة كبيرة ، أزيل منها ما فيها من قضايا
دخيلة حتى صارت أكثر دقة . ولا زالت الدقة تعوز حتى اليوم كثيراً من
البرهانات المستخدمة فى بعض فروع الرياضيات .

٥ — التحليل التلقبرى للمبادئ :

ومجموع القضايا والتصورات الأولية يسمى المبادئ ، لأن المبادئ هى القضايا
غير المستنتجة من غيرها فى نظام استدلالى معين والتى تعد فى داخله غير قابلة للبرهنة
ولا محل للمناقشة .

والأقدمون قد قسموا المبادئ المستخدمة فى أى نظام استدلالى إلى بديهيات
ومصادرات وتعريفات . فعلينا الآن أن نبحث فى كل منها بالتفصيل .

(١) البديهيات

٦ — أما البديهية فقضية بينة بنفسها ، وليس من الممكن أن يبرهن عليها ،
وتعد صادقة بلا يرهان عند كل من يفهم معناها . ولها خواص ثلاث : البينة
النفسانية ، أى وضوحها مباشرة للنفس بلا واسطة ولا يرهان منطقى ؛ والأولية

المنطقية ، أعنى كونها مبدأ أولياً غير مستخلص من غيره ؛ وثالثاً أنها قاعدة
صورية عامة ؛ في مقابل المبادئ الخمسة المتعلقة بحالة معينة من أحوال العلم الخاصة
أو بتعريف معين . وتسمى البديهية أحياناً باسم القضايا المشتركة ، وذلك بمعنىين :
الأول أنها مسألة من كل العقول على السواء ؛ الثاني أنها تنطبق على أكثر من
علم واحد .

والبديهيات ، كما توجد في الرياضيات ، توجد كذلك في العلوم الروحية .
فمثلاً هذه البديهية المستخدمة كقاعدة في القانون الرومانى : من يملك الأكثر
يملك الأقل ؛ وهى بديهية يمكن أن تستخدم في علوم أخرى ، كالليكانيك .

والبديهيات بعضها مجرد تعريفات أو نتائج مباشرة لتعريفات . فنحن
لا نستطيع مثلاً أن نعرف الكل والجزء دون أن نضمن فى التعريف أن الكل
أكبر من الجزء . ومن هنا كانت فى أحيان كثيرة هزيلة المعنى . وهى فى الواقع
غالباً ما تكون مجرد تعبير أو تطبيق على الكميات لمبدأ الذاتية ، ولذا كانت
صورية مثله ، ولا تفيد إلا كمبادئ موجبة ، قليلة الخصب .

(ب) المصادر

وأهم منها وإن كانت أقل يقينية ، المصادر . وبين البديهيات والمصادر
عدة فروق : فالبديهيات بينة بنفسها ، أما المصادر فليست كذلك ، ولكن
يصادر على صحتها وتسليم تسليماً ، مع عدم بيانها بوضوح للعقل ، نظراً لفائدتها
ولأنها لا تؤدى ، أو طالما كانت لا تؤدى إلى تناقض . والبديهيات لهذا قضايا
تحليلية ، أما المصادر فقضايا تركيبية . والبديهيات تغبر عن خواص مشتركة
بين كل أنواع المقادير ، ومن هنا سميت قضايا مشتركة كما ذكرنا ؛ أما المصادر
فلا تنطبق إلا على نوع معين من المقادير :

فالمصادرة قضية ليست بينة بنفسها ، كما لا يمكن أن يبرهن عليها ، ونبكن
بصادر عليها ، أى يطالب بالتسليم بها ، لأن من الممكن أن تستنتج منها نتائج
لا حصر لها ، دون الوقوع فى إحالة . فصحتها إذن تسنين من نتائجها . فمثلاً
المصادرة المعروفة باسم مصادرة إقليدس — وهى التى تقول : يمكن من نقطة أن
يجر مستقيم مواز لمستقيم آخر ، ولا يمكن أن يجز غير مستقيم واحد — قد أدت
إلى إقامة هندسة إقليدس ولم تؤد إلى تناقض . وليس فى الوسع أن يبرهن عليها
فى داخل هذه الهندسة ؛ كما أن من الممكن الاستغناء عنها بأن نقبل بها
مصادرات أخرى كما فعلت الهندسات اللاقليدية . فكان المصادرة تمتاز إذن
من البدئية بأن من الممكن إنكارها دون الوقوع فى الإحالة ؛ بعكس البدئية .

غير أن النظريات الحديثة لا تميل إلى المغالاة فى هذه التفرقة بين المصادرة
والبدئية ؛ بل تنزع على العكس من ذلك إلى التقريب بينهما ؛ بأن تعدّ كليهما
« تعريفات مقنعة » ؛ على حد تعبير بونكاريه^(١) . ولا فارق بين كليهما
إلا فى درجة التركيب : فالبدئية أكثر بساطة من المصادرة ؛ ولذا تبدو أبين
بينما المصادرة أقل بساطة وأكثر تعقيداً ؛ مما يجعل وضوحها والتسليم بها
لا يتحققان إلا بالنتائج التى يمكن أن تستخلص منها . ونقول إنها تعريفات
مقنعة ، لأن المصادرة القائلة بتجانس المكان تساوى تعريفاً للمساواة الهندسية ؛
ومبدأ القصور الذاتى يساوى تعريفاً للقوة الخ .

وكما توجد المصادرات فى الرياضيات ، توجد كذلك فى العلوم الروحية ؛
ففى الاقتصاد مثلاً نرى المصادرة القائلة بأن الإنسان يفعل وفقاً لما يرى فيه الأنفع ،
وفى الأخلاق المصادرة القائلة بأن كل إنسان يطلب السعادة .

(١) بونكاريه : العلم والفرض ، ص ٦٧ .

وبهذا التقسيم التقليدي أو التمييز التقليدي بين المصادر والبدييات يستبدل بعض المناطق المحدثين تقسيماً آخر للمبادئ إلى « مبادئ مشتركة » توجد في المنطق ؛ « ومبادئ خاصة » توجد في العلوم الخاصة . فروعيه يقسم المبادئ الخاصة بالعلوم المختلفة والمبادئ المشتركة الموجودة في المنطق إلى طوائف ثلاث :

١ — فبعض المبادئ يصادر على وجود بعض الموضوعات (أفراداً كانوا أو أصنافاً) ؛ وتسمى « مصادر الوجود » . فمصادر الوجود مصادر تقول بوجود أشياء ذات خواص معينة . فمثلاً ، لا وجود للماس في الحقيقة ؛ ولكننا في الهندسة نصادر على وجوده ونجرب برأينا على هذا الأساس ؛ وبالمثل لا يوجد مستقيم بلا سمك ؛ ولكننا نصادر على وجوده من أجل البحث في بعض الأشكال الهندسية ونفترض له خواص معينة لا نستطيع التحقق من وجودها في التجربة الخارجية . ففي كل هذه الأحوال نحن نصادر على وجود موضوعات نعرفها ونفترض وجودها ؛ لأن مجرد التعريف لا يكفي لضمان الوجود .

وإذا كانت هذه المصادر تعين أن عنصر أي صنف يوجد وحيداً ، سميت المصادر في هذه الحالة مصادر التفرد : *Postulats d'unicité* .

٢ — والبعض الآخر من المبادئ يقول إنه إذا وضعنا بعض الموضوعات على أنها موجودة ، فموضوعات أخرى موجودة كذلك لها مع الأولى إضافات معلومة . ولتسم هذه المبادئ باسم المبادئ المركبة أو المكوّنة ، لأنها تسمح ، إذا سلمنا ببعض الموضوعات ، بتركيب موضوعات جديدة باستمرار ، بواسطة الإنابة *réurrence* ، وبالتالي تسمح بالحصول باستمرار على أنظمة جديدة من الإضافات بين الموضوعات المسلم بها وتلك المركبة .

٣ - وطائفة ثالثة تقول إنه إذا وجدت بعض الإضافات بين موضوعات ثبت وجودها ، فإنه توجد إضافات أخرى غيرها . وهذه الإضافات إما أن تكون إضافات منطقية مثل الانتساب أو التضمن ، أو إضافات خاصة بالعلم المعين موضوع البحث ، مثل تلك الخاصة بالترتيب والوضع والتوازي في الهندسة . ولنسم هذه القضايا باسم « بديهيات الإضافة » مستعملين كلمة « بديهية » بطريقة عامة ، أى بمعنى مبدأ أو قضية أولية أيّاً كانت .

والمبادئ المكوّنة وبديهيات الإضافة تكوّن ما يسميه علماء المنطق الرياضى دوالاً قضائية ، لأنها كما قلنا تمتاز بأنها ليست معينة ، ذات معنى عيانى كيانى ، بل هى بالأحرى رموز عامة يمكن أن تفسر عدة تفسيرات . وهى لا يقال عنها إنها قضايا ، لأنها ليست صادقة أو كاذبة ؛ إنما تكون كذلك حينما نعطى لرموزها المتغيرة صفات معينة محددة ، فتستحيل حينئذ من دوال قضائية إلى قضايا . وفى هذا أيضاً تأكيد لفكرة التواضع والاصطلاحية فى كل نظام استدلالى .

(ج) التعريفات

أما التعريفات ، فتتعلق ، كالمصادرات ، بتصورات خاصة بكل علم ؛ ففي الهندسة مثلاً تتعلق بالخط والمثلث والتطابق . . الخ . وقد رأينا من قبل فى كتابنا « المنطق الصورى والرياضى »^(١) معنى التعريف وأنواعه وشروطه فرأينا أنه يعبر عن ماهية المعرف وعنه وحده ، وعنه كله ، مما يعبر عنه بقولنا إنه يجب أن يكون جامعاً مانعاً ؛ وأنه يتركب من شيئين : المرفّ وهو الشئ المراد تعريفه ، والمعرف وهو القول الذى يحد خواص الشئ المرفّ .

وهذا أيضاً هو معنى التعريف الرياضى فى نظر العقليين التقليديين .

(١) « المنطق الصورى والرياضى » ص ٧٥ - ص ٨١ القاهرة سنة ١٩٦٢ .

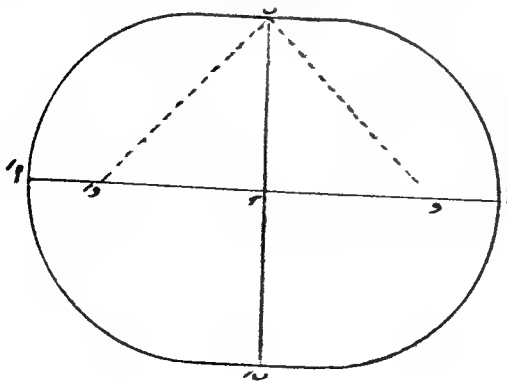
وهم يميزون بينه وبين التعريف التجريبي الموجود في العلوم الطبيعية . فالتعريف الرياضي قبلي ، نهائي ، ثابت ، ضروري ، كلي ، لأنه من عمل العقل الثابت في جوهره . كما أنه أيضاً تكويني *génétique* ، لأننا نأتي به بواسطة التوليد أو التكوين ، فنحن نعرف المحيط مثلاً بأنه « الخط المتكون بواسطة نقطة تتحرك على مسافة متساوية من نقطة ثابتة تسمى المركز » ، والمثلث بأنه « الشكل الهندسي المتكون من ثلاثة مستقيمتين متقاطعة متنى متنى في مستوى » . ولهذا فإن التعريف الحقيقي هو ذلك المعبر عن النسبة المولدة أو القانون المكون للشيء المعروف ، فالمثلث مثلاً يمكن أن يعرف بعدة طرق ، منها أن يعرف بالخاصة التي لبعض أجزائه مثل أن زواياه ثلاث ومجموعها يساوي قائمتين ، ولكنه يجعلنا نضطر إلى أن نحدد أن عدد زواياه يساوي قائمتين وأنه شكل مستو مكوّن من خطوط مستقيمة ، بينما التعريف الأول لا يحوجنا إلى شيء من هذا . ولذا فإنه لا يوجد للمعرف إلا تعريف واحد ، هو ذلك الذي يعبر عن قانون تولد الشيء المعروف . ومن هذه الناحية نستنتج بقية الخواص دفعة واحدة . فهو إذن لا يتركب تدريجياً بإضافة عناصر مختلفة .

وعلى العكس من ذلك نجد التعريف التجريبي تتكون عناصره شيئاً فشيئاً في ميدان التجربة . فمثلاً فكرة الإنسان أو الثديي لم تتكون دفعة واحدة ، بل قليلاً قليلاً بإضافة صفات إلى صفات أخرى نكتشفها في التجربة كلما توغلنا في البحث : « ولن تقل مطلقاً ، بل تظل مفتوحة للعناصر الجديدة التي يمكن أن يكتشفها العلم في الإنسان أو الثديي » ^(١) (لوي ليار ، المنطق ، ص ٨٠) .

فمذهب العقليين إذن في التعريف الرياضي هو أن العقل يضع — بملكة خاصة فيه وبتركيب قبلي موجود به — التصورات الرياضية ، وبالتالي تعريفاتها انكسوت لماهياتها . ومن هذه التعريفات يمكن استخلاص كل خواص الشيء المعروف ، وذلك بواسطة الاستدلال .

وعلى عكس من ذلك نجد مذهب التجريبيين في التعريف . فنحن نرى أن التعريف ليس ثابتاً ، واحداً ، قد تكون دفعة واحدة ، ويعبر عن نهاية الشيء المعروف ، إنما التعريف قول متغير بتطور العلم ، ويمكن أن يوجد للشيء الواحد تعريفات عدة كلها متساوية ؛ وغالباً ما يتكون بطريقة تكوينية وفقاً للمعرفة . أما الرياضيون المحدثون ممن عنوا ببيان الأسس المنطقية للرياضة فقد رأوا أن الأفكار الرياضية ما هي إلا تركيبات من وضع العقل ، وأن التعريف مهمته وصف خواص هذه الأفكار وصفاً يسمح بتمييزها من غيرها ، وباستنتاج خواص أخرى منها . ولما كانت كل فكرة ذات خواص عدة ، فإن في وسعنا أن نختار منها ما نشاء لكي نكون منه التعريف . ومعنى هذا أن التعريف افتراضي أولاً ، من حيث أن الأفكار الرياضية نفسها تركيبات من وضع العقل وليس لها أساس من الواقع ؛ وأنه اعتباري ثانياً ، فنحن نختار من الصفات ما نشاء ، وفقاً لوجهة نظرنا ؛ وأنه « ثالثاً » ليس واحداً ، لأن الخواص متعددة ، وفي مقدورنا أن نختار منها واحدة أو الأخرى لكي نستخدمها في التعريف . ففي استطاعتنا مثلاً أن نعرف الدائرة بأنها قطاع لاسطوانة أو لحروط بواسطة مستوٍ عمودي على المحور ؛ أو بأنها قطع ناقص اختلافه المركزي $excentricité^{(1)}$ يساوي صفراً ؛

(١) الاختلاف المركزي هو النسبة بين المسافة البؤرية والمحور الأكبر في القطع الناقص .
فحينما تكون هذه النسبة تساوي صفراً ينطبق البؤرتان على القطع الناقص . وينطبق البؤرتان



على المركز تكون دائرة وذلك لأنه (كما في الشكل) : ب
و + و = ا ا بحسب
خواص القطع الناقص كذا
انطبقت و ب و على ا فإن
ا ا = ب = ج فلما كان ا
ا = ب = ج
ا = ب = ج

ب. ستكون المركز لدائرة

بعدها ب. أو ا. أو ب. أو ج.

وبأنها المحل الهندسى للنقط التى يرى مستقيم معلوم تحت زاوية معلومة الخ .

ولذا يقول بونكاريه عن التعريفات إنها « فروض » تختلف عن الفروض المستخدمة فى المنهج التجريبي من حيث أن هذه الفروض الرياضية هى اصطلاحات ميسرة يضعها العقل لحاجاته العلمية ، ولا صلة لها بالتجربة ، بعكس الحال فى الفروض المستخدمة فى التجربة . فالقروض فى الرياضة معناه ما يسلم به ، أو ما يبدأ منه . كما ينعتها رسل أنها مواضع تيبوغرافية typographical conveniencies ، وإن كان مع ذلك يضيف إليها صفة أنها تعبر عن تقدم ظاهر ، بما تشتمل عليه من تحليل للتصور .

وهذا التصور الجديد للتعريف قد قرب بين التعريفات الرياضية والتعريفات التجريبية من ناحيتين خصوصاً :

١ — الأولى أننا فى تعريفنا لفكرة رياضية نختار الخاصية الممتازة من بين الخواص العديدة لتلك الفكرة ، كما نفعل تماماً فى المنهج التجريبي ، إذ نحن هنا نغنى خصوصاً باستخراج « الحالة الممتازة » لىكى نستخرج منها بعد القانون العلمى . وإن كان يحدونا فى التعريف أحياناً السهولة والوضوح ، فلا نلتزم شرط اختيار الخاصية الممتازة دائماً ؛

٢ — والثانية أن تاريخ الرياضة قد دلنا على أن التصورات الرياضية قد نشأت فى البدء من التجربة وأنها تنحو نحو التجريد المتزايد باستمرار . ومن هنا كانت تعريفات هذه التصورات متأثرة بالضرورة بهذا الأصل التجريبي الذى نشأت عنه .

والتعريف الرياضى نوعان : تعريف مباشر ، وتعريف غير مباشر .
أما التعريف المباشر فهو المعروف وفيه نعين خاصية أى تصور رياضى مباشرة ،
مثل تعريف المثلث بأنه شكل هندسى مكون من ثلاثة مستقيمت تقاطع مثنى
مثنى ، أو المستقيم بأنه أقصر طريق بين نقطتين .

أما التعريف غير المباشر فيشمل عمليتين ، وليس فى الواقع تعريفاً بمعنى
الكلمة ، ولكنه يقوم مقام التعريف المباشر بما له من وظيفة فى العلم .

(أ) والنوع الأول منه هو « التعريف بالتجريد » لدالة منطقية ، ولتكن د (س)
وهو عبارة عن بيان الشروط التى تتحقق بها المساواة (المنطقية أو الرياضية)
د (س) = د (ص) وفيها س ، ص قيمتان تنتسبان إلى صنف معين ، تعرف
الدالة د بالنسبة إليه . فمثلا « نعرف بالتجريد » الكتلة أو الحرارة ، الخ ، بأن
نبين شروط المساواة لهذه الكميات .

(ب) والثانى هو « التعريف بالمصادر » وهو عبارة عن تعريف مجموع
من التصورات بالإفصاح عن الإضافات الأساسية التى تحققها هذه الحدود ، على
هيئة بديهيات أو مصادر ؛ هذه الإضافات التى تكون الأسس الضرورية
الكافية لنظرية هذا المجموع . فمثلا نستطيع أن نكون الهندسة كلها بواسطة
عدد معين من البديهيات أو المصادر المشتلة على التصورات الأولية الآتية :
النقطة والقطعة ، أو النقطة والحركة . فهذه التصورات غير المحددة تعد محددة
بواسطة مجموع المصادر^(١) .

فالتعريف بالمصادر ، كما يقول كوتيرا فى مقال نشر بمجلة التعليم الرياضى
L'Enseignement mathématique عن التعريفات الرياضية « ينطبق ، لا على

(١) راجع معجم لالاند ، تحت كلمة « تعريف » ، فى الملاحظات .

نصور واحد ، ولكن على نظام من التصورات ، ويتكون من سرد الإضافات الأساسية ، التي تربط فيما بينها والتي تسمح بالبرهنة على سائر الخواص : وهذه الإضافات مصادر . فإذا كان لدينا نظام من المصادر ، وإذا كان في وسعنا البرهنة على أن هذه المصادر لا تتضمن تناقضاً ، فسيكون لنا الحق في أن نعدّها ممثلة لتعريف أحد التصورات الموجودة به « (يونكاريه ، « العلم والمنهج ») ، ص ١٦٢ ، والاقباس عنه ص ١٦١) .

والتعريفات بالمصادر تعريفات ناقصة ، لأنها لا تستطيع أن تعين بطريقة واحدة مجموعة من التصورات المفردة . ولذا قيل عنها إنها تعريفات للجنس .
definitions de genres .

والتعريف ليس قضية ، فلا يصدق عليه أنه صادق أو كاذب . إنما هو نوع من الاصطلاح اللغوي ، أو كما يقول رسل هو فعل إرادى من أفعال العقل ، يمكن أن يبرر بأسباب متعلقة بتيسير العمل أو التواضع على شيء معين يتفاهم بواسطته ، ولكنه لا يفرض نفسه على العقل ضرورةً .

٦ — الصلة بين هذه المبادئ :

ومن الواضح من كل ما قلناه حتى الآن أن الصلة وثيقة بين هذه الأنواع الثلاثة من المبادئ ، إلى درجة أن في الوسع من دون تجاوز أن نسمي الواحد باسم الآخر . فقد رأينا أن البديهيات والمصادر قد انحلت في النهاية إلى تعريفات مُقنّعة ، كما يقول يونكاريه ، مما يجعل التعارض بين هذه الأنواع الثلاثة ضئيلة للغاية ، إذ تستحيل كلها في النهاية إلى « اصطلاحات تفاهمية تجدد استخدام الحدود الأولى لنظرية استدلالية » (روجيه ، المصدر نفسه ، ص ٨٦) . ونحن نجد فعلاً أن المصادر الخمسة من مصادر إقليدس الست تسمى في بعض النسخ باسم

البديهية ، مما يدل على أن التفرقة ، حتى عند الأقلمين ، بين المصادرة والبديهية ليست حادة كما يتوهم . كما قد رأينا من ناحية أخرى أن التعريفات قد تم أحيانا بواسطة المصادر ، مما يقرب كثيراً بين التعريف والمصادرة . وفضلا عن هذا ، فإن مل يقول إن كل تعريف يتضمن بديهية ، هي التي تؤكد بها وجود الشيء . المعروف ، وعلى هذا فيكون التعريف بدوره بديهية مقننة ، بعد أن قلنا من قبل إن البديهية تعريف مقنع . وعلى الرغم مما يقتضيه رأى مل هنا من تحفظات عنى بإيرادها بونكاريه (« العلم والمنهج » ، ص ١٦٢) تتعلق بهم مل كلمة « وجود » هنا ، إذ هو يفهمها بمعنى مادي تجريبي ، فحين نعرف الدائرة ، نحن نؤكد وجود أشياء مستديرة في الطبيعة ، وهذا فهم لا يتفق مع طبيعة الرياضيات ، إذ هذه لا تعنى بالوجود الخارجى المادى ، بل لا تعنى كلمة « الوجود » لديها غير شئ واحد ، هو الخلو من التناقض — نقول إنه على الرغم من هذا كله ، فإن في هذا الرأى تقريرا للتعريف من المصادرة والبديهية ، بعد أن قربنا البديهية من التعريف . وهذا كله يدل على أن المبادئ متداخلة بعضها في بعض .

ونحن قد اعتدنا اليوم أن نضع المبادئ الخاصة بأى استدلال قبل البدء فيه . فنذكر البديهيات والمصادر والتعريفات التى سنستعين بها فى إجراء عملية الاستدلال أولا ثم نستخلص منها القضايا الناتجة عنها مباشرة مما يتصل بالمطلوب ثم ننتهى إلى إثبات المطلوب البرهنة عليه . وهذه الطريقة فى وضع المبادئ لها مزايا عدة . إذ تفيد فى إدراك النسب والعلاقات بين المبادئ وتطبيقاتها بسرعة كما أن هذا الوضع يفيد فى التحقق من صحة النتيجة التى تأدينا إليها ، وذلك بامتحان المبادئ التى بدأنا منها ، فإذا كانت هذه مصوغة على حدة وبوضوح فى أول الاستدلال يسر لنا ذلك النظر فى صحة المبادئ ، وبالتالى فى معرفة يقين النتيجة ، اللهم إلا إذا كان الخلل يعتور الاستدلال كعملية . أما إذا كان الاستدلال

كجمعية مضمون الصحة ، فاعليتنا إلا أن ننظر في المبادئ التي أقمناه على أساسها .
وتظهر أهمية هذا خصوصاً إذا لاحظنا أن المبادئ في أى نظام استدلالى يجب
أن تكون مستقلة بعضها عن بعض كما قلنا من قبل ؛ فإذا ثبت لدينا عدم صحة
أحد المبادئ ، كما حدث مثلاً بالنسبة إلى مصادرة إقليدس ، فإن عدم الصحة
لا يمتد إلا إلى القضايا التي تقوم على هذا المبدأ وحده ، بينما بقية القضايا القائمة
على المبادئ الأخرى صحيحة . ففي الهندسات اللاإقليدية ، قد لوحظ أن إلغاءها
لمصادرة إقليدس لم يستتبع إلغاء كل هندسة ، بل فقط الجزء منها المتوقف على
تلك المصادرة ، بينما ظلت بقية القضايا ، مما لا يقوم عليها ، صحيحة . وهذا أمر
سهل التحقيق إذا كانت المبادئ مصوغة على حدة في أول النظرية الاستدلالية .
ويجب أن يلاحظ كذلك أن الأقدمين لم يكونوا يعنون بإيراد كل المبادئ ،
إما لظهورها أو لعدم الحاجة إليها في الظاهر ؛ أما اليوم فنحن نشعر بالحاجة إلى
إيراد كل المبادئ التي تتعلق أو يمكن أن تتعلق باستدلال معين . وذلك لأن
فكرة ظهور المبادئ لم تعد مقبولة ، إذ النقد الذي قام حول المبادئ في أواخر
القرن الماضى وأوائل هذا القرن قد زرع أو ألغى صفة الظهور بالنسبة إلى كثير
من المبادئ . فلم تكن نشعر مثلاً بالحاجة إلى ذكر قضية كالتالية $1 \times \text{صفر} = 1$
أما اليوم فنحن في حاجة إلى ذكرها ، لأن ظهورها ليس بيننا بدرجة كافية .

وقبل أن نتحدث عن نقد المبادئ في العصر الحديث والعصر الحاضر يحسن
بنا أن نشير هنا إلى مسألة قد يجعلنا الوهم تغفل عنها ، وهى أنه قد يبدو للوهم أن
اليقين في النتائج أكبر منه في المبادئ . وهذا وهم ؛ إذ البرهان لا يخلق اليقين
أو الحقيقة ، إنما ينقل الحقيقة من المبادئ إلى النتائج نقلاً ، دون زيادة في اليقين
أو الصحة : ويمكن أن نرد هذا الوهم إلى أسباب نفسية خالصة .

٧ — نهر هذه المبادئ :

ونحن قد أشرنا في خلال حديثنا عن المبادئ إلى بعض من النقد الذي وجه إلى المبادئ من حيث فكرة اليقين وعدم القابلية للبرهنة . وهو نقد قد بدأه في العصر الحديث لينتس في محاولاته لإقامة علم مناهج شامل ومنطق رياضي ، إذ اعتقد أن في الوسع تحليل كل التصورات العلمية وردها إلى طائفة قليلة من الأفكار الأولية غير المحددة . واستمر هذا النقد ينمو مرتبطاً خصوصاً بنمو المنطق الرياضي والأبحاث الخاصة ببيان أسس الرياضيات ، حتى بلغ أوجه في نهاية القرن الماضي وأوائل هذا القرن على يد بيانو ورسل وهلبرت .

يتجه هذا النقد خصوصاً ضد فكرتين : العيان واليقين . أما من ناحية العيان فإن هؤلاء النقاد يقللون من شأن استخدامه في تحصيل المبادئ إلى الحد الأقصى وذلك لأن الغاية التي ينشدونها من المنطق والرياضة أن يكون كلاهما صورياً إلى أعلى درجة ميسورة . ولن تتحقق هذه الصورية الكاملة إلا باستبعاد العيان بكل أنواعه حتى العيان العقلي . فرسل يقول في مقال نشر « بمجلة الميتافيزيقيا والأخلاق » ، سنة ١٩٠٦ ص ٦٣٠ : « إن القضايا الأولية التي تبدأ منها الاستدلالات في المنطق الرياضي يجب ، قدر الإمكان ، أن تكون بينة بالعيان . ولكن هذا ليس ضرورياً كل الضرورة ، وعلى كل حال فليس هذا السبب الوحيد في اتخاذها . وإنما السبب استقراره ، أعني أنه ، من بين نتائجها المعلومة (ومن بينها هي نفسها) كثير منها يبدو صادقاً للعيان ، ولا شيء منها يبدو باطلاً ، وتلك التي تبدو صادقة لا يمكن أن تستنتج استدلالاً (حسبما يترأى) من نظام من القضايا غير القابلة للبرهنة ، غير متفق مع النظام الاستدلالي موضوع النظر » . فالعيان إذن لا يتعلق إلا بنقطة

البده في اتخاذ المبادئ الأولى ؛ فإذا ما اتبينا منها ، اتبينا من كل إهابة بمبدأ أو عنصر عياني جديد طوال الاستدلال .

أما عن اليقين فقد قالوا إن المبادئ التي نضعها على رأس استدلالنا ليست من اليقين بالقدر الذي كان يزعمه الناس . ففيلاتي يقول Vailati « إن اختيار المبادئ يتوقف على الغرض الذي يستهدفه المرء ، ويجب أن يتوقف في كل الأحوال على امتحان إضافات التوقف التي يمكن أن نضعها فيما بينها وبين مجموع قضايا نظرية معلومة . لقد قدت ذلك الحق الإلهي الذي بدا أن يبينها المزعومة قد منحتها إياه . فصار عليها أن تسلم بصيرورتها بمجرد مستخدمين ، لا رؤساء في الجماعات الكبرى للقضايا المكونة لمتخلف فروع الرياضة » (« تلخيص أعمال مؤتمر الفلسفة سنة ١٩٠٠ ») .

ولم يقتصر النقد على البديهيات والمصادر ، بل امتد أيضاً إلى التعريفات . وهو نقد بدأته مدرسة بيانو حين ميزت نماذج مختلفة من التعريف : فالبعض ، كالتعريفات بالمصادر ، والتعريف بالتجريد ، تسمح باستخدام تصور معلوم دون أن تحل هذا التصور إلى عناصره المكونة له ؛ والبعض الآخر ، وهو التعريف الاسمي ، هو وحده التعريف الحقيقي ، لأنه وحده الذي يضع مساواة بين العناصر المعرفة وبين الكل المعرف . ثم إن كل تعريف لابد أن يكون مقترناً بنظرية وجود *théorème d'existence* أو مصادرة وجود تقول بوجود الموضوع المعرف . وزاد رسل على هذا بأن قال : إن التعريف ليس قضية مطلقاً ، لأنه يعوزه الوحدة ، « إذ كل قضية في جوهرها وحدة ، فإذا هدم التحليل هذه الوحدة فإن سرد المركبات سيكون دائماً عاجزاً عن استعادة القضية . » (المبادئ *The principles* ، § ٥٤ ، ص ٥٠) . و « التعريفات ليست جزءاً من موضوعنا ، ولكنها ، بالتعبير الدقيق ، مجرد مواضع تبيوغرافية » (*Riquier* ص ١٢) يمكن الاستغناء عنها دون أن تتأثر دقة الاستدلال كثيراً .

وانتهى هذا النقد إلى القول بأن المبادئ بأنواعها الثلاثة من بديهيات ومصادرات وتعريفات ترجع في نهاية الأمر إلى إحداها وهى المصادرات ، بوصفها قضايا ، أو بالأحرى دوال قضائية ، يصادر عليها مصادرة ، وتحقق بنتائجها ، فظالما كانت لا تؤدي إلى تناقض فانها صحيحة . وما المبادئ إذن إلا فروض غير محددة ولا قابلة للبرهنة نبدأ منها بعد أن نصادر عليها .

وإذا كان الأمر على هذا النحو ، فإن المنهج الاستدلالي الخالص سيستحيل إلى منهج فرضي استدلالى *hypothético-déductif* . واختيار المبادئ يتوقف إذن على الهوى الشخصى مادام ذلك مؤدياً إلى تحقيق المطلوب ، وبهذا المعنى يقول رسل : « بعض القضايا يجب أن يسلم به من دون دليل ، مادام كل استدلال يبدأ من قضايا تقررت من قبل .. وهذه ككل الأفكار الأولية ، تقوم إلى حد ما على الاختيار الاعتباطى » (Principia ص ١٣) .

والنتيجة لهذا أن طابع الضرورة الذى كنا نضفيه على البراهين الرياضية قد انتقص ، فلم تعد الضرورة هنا ضرورة مطلقة من كل شرط ، بل ضرورة مشروطة ، تتوقف على نوع المبادئ الذى نبدأ منه الاستدلال ، وهو نوع يتحدد حسب اختيارنا ، وليس ثمة ضرورة مطلقة لاختيار نوع دون آخر من المبادئ .

مسار المنهج الاستدلالي

٨ — أدوات الاستدلال والبرهنة الرياضية والقياس :

للاستدلال أدوات عدة أهمها القياس والتجريب العقلى والتركيب ، فلنتناول كلا منها بالتفصيل :

أما عن القياس فعلى أولنا أن نميز بينه وبين البرهنة الرياضية . وقد كان

التمييز الوحيد الذى يوضع بينهما إلى مدة قريبة هو أن النتيجة فى القياس نتيجة افتراضية ، لأن القياس لا يضمن لنا الصحة الخارجية للنتيجة بل كل ما يقوله هو أن النتيجة يجب أن يسلم بها إذا سلمنا بالمقدمات . أما فى البرهنة فالمبادئ تعدّ صادقة بالضرورة ، والنتائج ستكون بالتالى ضرورية مضمونة الصحة خارجياً ، أى حتمية ، ولذا يقول المنطق القديم إن « البرهنة قياس فى المقدمات صادقة بل وضرورية » (راييه « المنطق » ، ص ٢٧٧) .

لكن جاء المناطقة المحدثون فيزوا بينهما تمييزاً كبيراً ؛ وعلى رأس من عنى بهذه المسألة هنرى پونكاريه ومن بعده جاء جوبلوف مثل الصورة العليا لهذا التمييز ، وإن كان على نحو آخر غير الذى فعله پونكاريه .

بحث پونكاريه فى « طبيعة البرهان الرياضى » (« العلم والفرض » ، ص ٢٨-٩) فبدأ بأن تساءل عما إذا كانت الرياضيات ، إذا كانت تقوم على أساس القياس ، لا ترجع إلى تحصيل حاصل هائل . « إن القياس لا يستطيع أن يعلمنا أى شىء جديد فى جوهره ؛ فإذا كان كل شىء يجب أن يخرج من مبدأ الذاتية ، فيجب أن يكون فى الوسع رده إليه كذلك . . . والبرهان القياسى يظل عاجزاً عن إضافة أى شىء إلى المعطيات التى تقدمها له ؛ وهذه المعطيات تنحل إلى بعض من البديهيات ، وليس للمرء أن يجد شيئاً آخر غيرها فى النتائج » . ولكننا مع ذلك نجد الرياضى يقول لنا إنه يعمم قضية معلومة من قبل . فهل المنهج الرياضى يسير من الجزئى إلى العام ؟ وإذا كان كذلك فكيف يمكن أن يسى استدلالياً ؟ فضلاً عن هذا فإنه إذا كان علم العدد تحليلاً خالصاً ، فيبدو أن العقل الممتاز بعض الامتياز يستطيع بنظرة واحدة أن يدرك كل حقائقه .

« فإذا لم يكن فى وسع المرء التسليم بهذه النتائج ، فيجب الاعتراف بأن البرهان الرياضى نوعاً من القوة الخالقة الخاصة ؛ وأنه بالتالى يتميز من القياس » (ص ١١) .

ويعقب جوبلو على هذا قائلاً إن المسألة التي نحن بصدددها هنا ليست تلك التي عرض لها كنت في « نقد العقل المجرد » حين تساءل فقال : كيف يمكن أن تقوم أحكام تركيبية قبلية ؟ ذلك أن كنت كان لا يزال على ثقة مطلقة بتقاليد المنطقة ؛ وهو يرى أنه إذا كانت الرياضة ليست مجرد تحصيل حاصل ، فما ذلك إلا لأن مبادئها أحكام تركيبية تحتوى ضمناً كل ما على البرهان أن يقوم بعرضه صراحة . ويحل هذه المسألة التي أثارها بأن يبين كيف يمكن أن تكون هذه الأحكام قبلية وليست تجريبية ، على أساس أنها ناتجة عن تطبيق المقولات على العيانات الخالصة . وكل العلم الرياضي إذن ، ما كان منه وما سيكون ، متضمن على سبيل الإمكان في كلية الأحكام التركيبية القبلية ؛ ومهمة البرهنة أن تستخرجه بواسطة القياس .

أما المسألة التي نحن بإزائها هنا فهي أن البرهان الرياضي يأتي بحقيقة جديدة لم تكن متضمنة ، لا ضمناً ولا صراحة ، في المبادئ ؛ وأنه خصب مبدع خالق فعلاً . فهذه خاصية البرهان الرياضي ، ولا يجدى في هذا الصدد أن يقال في تفسير ذلك إن التعريفات هي التي تأتي بخواص جديدة ، على أساس أن كلامها يتم بواسطة خاصة تحتوى في داخلها على كل خواص المعارف الباقية . أجل إن التعريف يدخل تصوراً جديداً ، ولكنه لا يحتوى على أكثر مما يعبر عنه . فالساوى في الزوايا ليس متضمناً في المساوى في الأضلاع بالنسبة إلى المثلث المساوى الأضلاع ؛ ولكنه « ناتج » عنه .

« فالمسألة هنا ليست مسألة اندراج تصور في آخر ، ولا اندراج حكم في حكم آخر ؛ وإنما هي مسألة توقف حكم على حكم آخر . وخطأ المنطق الصوري في أنه خلط بين صلة الإنتاج وصلة الإندراج » (جوبلو : المنطق ، § ١٦٢) .

لا بد إذن من التمييز الدقيق بين القياس والبرهان الرياضي ، على أساس أن

البرهان رياضى يتضمن جدّة ، بينا القياس تحصيل حاصل مستمر . فكيف نفسر هذا الفارق ؟

فسره بونكاريه بقوله إن البرهان الرياضى يقوم على أساس البرهان بالإتابة *raisonnement par récurrence* ، أو ما يسمى أيضاً باسم الاستقراء الرياضى ، نظراً للشبه بينه وبين الاستقراء التجريبي، إذ كلاهما يعمم ، بأن ينتقل من حالة إلى التطبيق على كل الأحوال . ولكن بين كلا الاستقراءين فارقاً كبيراً ، من حيث أن الاستقراء التجريبي يبدأ من الوقائع منتقلاً إلى القوانين ، وليست به دقة ، بل فيه عنصر المجازفة وعدم الإحكام ؛ أما الاستقراء الرياضى فدقيق يبدأ من خاصية أساسية للسلسلة اللامتناهية من الأعداد الصحيحة القائمة على أساس أن كل عدد مكون بإضافة الوحدة إلى العدد السابق ، إلى غير نهاية ، منتقلاً إلى تطبيق هذه الخاصية على بقية سلسلة الأعداد اللامتناهية .

وهذا البرهان بالإتابة هو في نظر بونكاريه « البرهان الرياضى من الطراز الأول » و « هو النموذج الحقيقى للأحكام التركيبية القبلية » (« العلم والفرض » ، ص ٢٣) .

ويمكن أن يصاغ بدقة على نحو ما فعل جيلوه هكذا :

إذا فرضنا أن علينا أن نبرهن على الإضافة :

$$(1 + 1) < 1 + 2$$

حيث ١ عدد موجب ، و ٢ عدد صحيح مساو أو أكبر من ٢

نبدأ بأن « نبرهن » على أنه إذا كانت هذه الإضافة صحيحة بالنسبة إلى عدد ما ولكن م ، فإنها صحيحة بالضرورة بالنسبة إلى م + ١ ؛ أو بتعبير آخر أنه إذا افترضنا أن اللامساوية .

$$(1 + 1) < 1 + m \quad (1)$$

صحيحة ، فإنه ينتج من هذا اللامساوية

$$(٢) \quad ١(١+م) + ١ < ١ + ٢(١+١)$$

وللبرهنة على هذا ، اضرب كلا حدى اللامساوية رقم (١) في ١ + ١ :

$$٢م + ١ + ١م + ١ < ١ + ٢(١+١)$$

أو ، بوضع (م + ١) عاملا ، .

$$٢م + ١(١+م) + ١ < ١ + ٢(١+١)$$

وبالأولى والأخرى ، ما دامت $٢م > ٠$ صفر :

$$١(١+م) + ١ < ١ + ٢(١+١)$$

وتلك هي اللامساوية رقم (٢) .

ولكنى لا أعرف بعد ما إذا كان ثمة عدد م تتحقق اللامساوية رقم (١) بالنسبة اليه . وكل ما أعرفه هو أنه إذا كانت الخاصة (١) صادقة بالنسبة إلى العدد م ، فإنها صادقة كذلك بالنسبة إلى م + ١ .

« فأحقق » أنها صادقة بالنسبة إلى م = ٢ ، لأنها متصير :

$$١٢ + ١ < ٢(١+١)$$

أو

$$١٢ + ١ < ١٢ + ٢ + ١$$

وهذا واضح .

فلما كانت الخاصة صادقة بالنسبة إلى م = ٢ ، فإنها صادقة بالنسبة إلى م = ٣

وصادقة كذلك بالنسبة إلى م = ٤ ، وهكذا إلى غير نهاية .

فالبرهان بالإثابة ينحصر فيما يلي : إذا كان ، من ناحية ، أننا إذا فرضنا أن خاصة ما صادقة بالنسبة إلى العدد م ، فإنه ينتج عنه أنها صادقة أيضاً بالنسبة إلى $m + 1$ ، أيًا ما كانت م . وإذا كان ، من ناحية أخرى أننا نعرف ، بالتحقيق أو البرهان ، أنها صادقة بالنسبة إلى عدد معلوم ع ، فإنها صادقة بالنسبة إلى كل الأعداد ابتداءً من ع ، إذ يمكن أن نمتد بها من ع إلى ع + ١ ، ثم إلى $(ع + ١) + ١ = ع + ٢$ وهكذا إلى غير نهاية . وفي هذا التقدم إلى غير نهاية أريد أن ينظر إليه أنه مماثل للبرهان الاستقرائي (جوبلو ، § ١٦٣) .

والمميز الرئيسى للبرهان بالإثابة أنه يتضمن ما لا نهاية له من الأقيسة المركزة في صيغة مفردة ، من الأقيسة الشرطية قطعاً ؛ إذ يمكن أن تصاغ كما يلي :

النظرية أو الخاصة صادقة بالنسبة إلى العدد ١

وهي إذا كانت صادقة بالنسبة إلى ١ ، فإنها صادقة بالنسبة إلى ٢

هي صادقة بالنسبة إلى ٢

وهي إذا كانت صادقة بالنسبة إلى ٢ ، فإنها صادقة بالنسبة إلى ٣

هي صادقة بالنسبة إلى ٣ ، وهكذا باستمرار .

والمشاهد هنا أن نتيجة كل قياس تكون صغرى بالنسبة إلى التى تليها ؛ وأن المقدمات الكبرى فى كل هذه الأقيسة ، يمكن أن ترد إلى صيغة مفردة واحدة .. والبرهان بالإثابة أداة نافعة دائماً ، لأنه ، بسبب كونه يهيم لنا أن نجتاز بوثبة واحدة كل ما نود اجتيازه من خطوات ، يعقينا من التحقيقات الطويلة المملة المتعبة . وهو يدلنا على أننا حتى فى ميدان الحساب الأولى ، نستخدم أيضاً فكرة اللامتناهى الرياضى ، وبدونها حقاً لا يمكن أن يقوم علم ، لأنه لن يكون تمت كلى .

وقاعدة البرهان بالإثابة لا يمكن أن تكون صادرة لنا عن التجربة ، لأن كل ما تستطيع التجربة أن تعلمنا إياه هو أن القاعدة صادقة بالنسبة إلى الأعداد العشرة أو المائة الأولى مثلاً ، ولكنها لا تستطيع أن تبلغ السلسلة اللامتناهية من الأعداد بل تقتصر على جزء معين من هذه السلسلة فقط .

كما أنه لا يمكن أن يعد مواضع واصطلاحاً ، كما هي الحال بالنسبة إلى بعض مصادرات الهندسة « فلماذا هذا الحكم (أى حكم البرهان بالإثابة) إذن يفرض نفسه علينا ببينة لا سبيل إلى دفعها ؟ لأنه ليس إلا تأكيد قوة العقل الذى يعرف نفسه قادراً على تصور التكرار إلى غير نهاية لفعل واحد ، مادام هذا الفعل كان ممكناً مرة . فللعقل عن هذه القوة عيان مباشر ، ولا يمكن أن تكون التجربة بالنسبة إليه غير مناسبة لاستخدامها ، وبهذا ، للشعور بها » (بونكاريه ، « العلم والقرض » ، ص ٢٣-٢٤) .

ويرى بونكاريه أن هذا النوع من البرهان يوجد في كل البرهينات الرياضية فبواسطته يوسع الجبر ميدانه . إذ نحن نجده في مستهل التحليل اللامتناهى . وهو يتدخل في كل حالة يجتاز فيها الرياضى هوة ضاماً لنفسه ميداناً جديداً .

تلك إذن نظرية بونكاريه في طبيعة البرهان الرياضى ، وتلك إذن مبدأ البرهنة الرياضية عنده .

٩ - ولكن جوبلو لا يذهب معه إلى هذا الحد ، بل يقول إن البرهان بالإثابة صورة من البرهان خاصة جداً ويمكن تمييزها بكل وضوح ؛ ففي الجبر برهنت حقيقة عامة لا ترد إليه . ويقدم سبين بحملاته على عدم النظر إلى البرهان بالإثابة على أنه النموذج الوحيد للبرهنة العامة للعممة : ها أولاً : أنه لا ينطبق

إلا على سلسلة الأعداد الصحيحة ؛ — ثانياً : أنه يحتوى على الأقل على برهنة وهو بالتالى عاجز عن تفسيرها .

(١) أما من حيث الناحية الأولى فإنه يلاحظ أنه إذا كان صحيحاً أن الرياضيات تميل دائماً إلى أن تنطبع بطابع العدد ، وأن علماء الرياضة يريدون قدر المستطاع وكثلى أعلى للرياضة أن يستبدلوا بما يقوم على العيان — التحليل الخالص ، وأن رياضياً مثل رقيه Riquier يقترح العدول عن الهندسة العيانية بوصفها منهجاً عتيقاً ضيقاً قد صار غير مفيد حتى ليكن إسقاطها من بين ثبت العلوم ؛ نقول إنه على الرغم من هذا الاعتراض الوجيه ، فإن جوبلويرى أنه لازالت للبراهين القائمة على العيان فى الهندسة قيمتها التى يجب أن ينظر فيها المنطقى . وإذا قيل إننا نلتقى بالبرهان بالإلابة ، على درجات متفاوتة فى الظهور ، فى كل الأحوال التى يبرهن فيها على خاصة عامة بمعرفة حالة جزئية ممتازة ، لأن البرهنة على الخاصة العامة تقوم فى أن نعم بالنسبة إلى سلسلة لامتناهية من الأحوال ما برهن أو ما حقق بالنسبة إلى إحداها ، حتى أن فكرة السلسلة غير المحدودة من الأعداد تدخل فيها . فمثلاً حين نبرهن على أن مجموع زوايا مضلع ذى ع أضلاع يساوى $2(ع - ٢)$ من الزوايا القائمة ، فإن ما يفعله غالباً هو أن نبرهن على أنه يربط رأس ببقية الرؤوس فى المضلع ، ونحن نحل المضلع إلى عدد من المثلثات بقدر ما به من أضلاع ناقصاً اثنان ؛ ونحن نقفل هذا معتمدين على أن عيان الشكل يعد كافياً ، ولا حاجة بعد إلى البرهنة . حتى إذا ما استبدلنا ضامعاً من المضلع بخط منقسم إلى قطعتين ، بحيث يكون لدينا أضلاع قدرها ع + ١ ، فإن عدد المثلثات يزيد بقدر الوحدة . فإذا كان صحيحاً أن مجموع زوايا المضلع ذى ع أضلاع يساوى $2(ع - ٢)$ زوايا قائمة ، فإنه ينتج عن هذا أن مجموع زوايا المضلع

ذى ع + ١ أضلاع يساوى ٢ [(ع + ١) - ٢] زوايا قائمة . وهكذا نستمر معممين تلك الحالة الخاصة على كل الأحوال غير المحدودة . إن كان هذا صحيحاً ، فإنه ليس من الضروري السير على هذا النحو . بل فى وسعنا أن نسلك سبيلاً آخر ، أفضل من الأول ، هو أن نختار نقطة ملائمة فى داخل المضلع ، ونجر منها خطاً إلى كل رؤوس المضلع ، فيكون لدينا حينئذ من المثلثات قدر ما هنالك من عدد الأضلاع . ولما كان مجموع زوايا هذه المثلثات كلها ينقسم إلى قسمين ، أحدهما هو مجموع زوايا المضلع ؛ والآخر هو مجموع الزوايا المتجاورة حول النقطة وقدره دائماً ٤ زوايا قائمة ؛ فإن المجموع الأول من هذين المجموعين يساوى دائماً ع + ٤ زوايا قائمة . وليس فى هذا برهان بالإجابة ؛ فنحن لا نتقل هنا بعملية غير محدودة من عدد إلى عدد تال ، إنما الذى نعله هو أن نبرهن على أن عدد المثلثات المرسومة يساوى ، أياً ما كان قدره ، عدد أضلاع المضلع .

(ب) والسبب الثانى أهم من الأول . فإن البرهان بالإجابة محتوى على برهنة على الأقل ، برهنة أهم كثيراً من الانتقال التقدى من عدد إلى العدد التالى لأنه بالبرهنة على أن الخاصة المعتبرة صادقة بالنسبة إلى م هى صادقة بالنسبة إلى م + ١ ، نحن نبرهن فعلاً على مشروعية هذا الانتقال .

ويحتم هذا النقد بأن يقول إن البرهنة لا تنتقل هنا من الخاص إلى العام ؛ وإنما تسير من اللامجانس إلى اللامجانس . ولا يستطيع القياس أن يفسر هذا كما لا يستطيع أن يفسر الحالة الأولى ، حالة الانتقال من الخاص إلى العام . فالخاصة الصادقة بالنسبة إلى م + ١ ليست « محتواة » فى الخاصة المعتبرة صادقة بالنسبة إلى م ؛ ولكنها « مركبة مع » الخاصة المعتبرة صادقة بالنسبة إلى م .

١٠ — وقبل أن نعرض نظرية جوبلو فى « التركيب » وهى التى يحاول بها

أن يفسر طبيعة التعميم في البرهنة الرياضية وطبيعة البرهان الرياضى عموماً ، نأتى نظرة على هذا النقد . فنقول ، أما فيما يتعلق بالنقد الأول ، فإن رأى جوبلو يبدو اليوم قديماً ، بعد أن تطورت عملية احتساب الرياضة تطوراً هائلاً فكذلك ننتهى تقريباً إلى عد الحساب الأساس لكل رياضة ، وهذا معناه أيضاً اعتبار نظرية العدد ، كما عرفناها من قبل بالتفصيل ، هى نظرية البرهان الرياضى فبونكاريه إذن على حق من هذه الناحية ولكنه مخطئ حين يعتبر البرهان بالإلابة مبدأً سريعاً أو قوة عجيبة من قوى الروح الإنسانية . ورسل على حق فى أن ينقده فى هذه الناحية ، كما فصلناه من قبل ، فإن الاستقراء الرياضى ليس مبدأً ، ولكنه تعريف ، وهناك أعداد يمكن أن ينطبق عليها ، بينما توجد أخرى (الأعداد عبر النهائية) لا يمكن أن ينطبق عليها . فنحن « نعرف » الأعداد الطبيعية بأنها تلك التى يمكن أن تطبق عليها براهين بواسطة الاستقراء الرياضى أى أنها تلك التى تملك كل الخواص الاستقرائية . وينتج عن هذا أن مثل هذه البراهين يمكن أن تطبق على الأعداد الطبيعية ، لا بفضل أى عيان أو بديهية أو مبدأ سرى ، ولكن كقضية لفظية خالصة ... ومبدأ الاستقراء الرياضى يمكن أن يصاغ بطريقة عامة فى صورة كهذه : « ما يمكن أن يستدل به من تال إلى تال يمكن يستنتج من أول إلى أخير ، وهذا صادق إذا كان عدد الخطوات المتوسطة بين الأول والأخير متناهياً لا فى الحالة الأخرى » (« المدخل إلى الفلسفة الرياضية » ، لندن سنة ١٩٣٨ ، ص ٢٧) ، أى فى حالة الأعداد اللانهائية أو الغير نهائية . وإنصافاً لبونكاريه ، نقول أيضاً إن لم يرجع كل برهان رياضى إلى البرهان بالإلابة ، وكل ما فعله هو أنه رأى فيه طريقة الرياضى فى التعميم .

أما السبب الثانى الذى ساقه جيلو فى نقده ، فهو وجيه فى الظاهر . فحقاً نحن نرى فى البرهان بالإلابة برهنة هى تلك التى تقوم بها للبرهنة على أن الخاصية المعبرة

صادقة بالنسبة إلى م صادقة أيضاً بالنسبة إلى م + ١ ؛ ولكن من ثلمكن أن يرد على هذا بأن يقال إن هذه البرهنة خاصة بإثبات صحة مبدأ البرهان بالإلابة ، وليست داخلية في المبدأ نفسه كبداً للبرهان الرياضى ، إذ أن البرهنة على وجود شىء ليست داخلية في هذا الشىء .

١١ — أما نظرية جيلو نغلاصتها أن البرهنة الهندسية (ولياحظ قوله « الهندسية » ، لأنه إنما يتحدث عن البرهنة القائمة على العيان) على نحو : (١) كل برهنة تسير من المفرد singulier إلى العام général ، وتقوم على أساس إثبات إضافة ضرورية بين خاصيتين لا متجانستين ؛ وهذا ما لا يمكن أن يتم بواسطة أى قياس أو أى مجموع من الأقيسة . ٢) بعض البرهينات تسير من الخاص spécial إلى العام général ، وهذا ما لا يمكن أيضاً أن يفسر بواسطة أى برهان قياسى .

١ — فللبرهنة على أنه ، فى مثلث متساوى الساقين ، الزوايا المقابلة للضلعين المتساويين متساوية ، نحن نفصل المثلث عن نفسه ، إن صح هذا التعبير ، بواسطة الفكر ، ثم نطبقه من جديد ، مقلوباً ، على الأثر الذى نتوهم أنه خلفه على السبورة . وحينئذ نلاحظ أن الزاوية المرسومة بين الضلعين المتساويين تقوم على أثرها ، وأن كل ضلع من أضلاع هذه الزاوية يقوم محل أثر الضلع الآخر المساوى له . « والقيام محل » بالنسبة إلى الضلع الثالث ينتج عن المبدأ القائل بأن النقطتين لا يمكن أن ترتبطا إلا بمستقيم واحد . ثم تتحقق constate أخيراً من أن كل زاوية من الزوايا المقابلة للأضلاع المتساوية تقوم محل أثر الأخرى . فكان البرهنة قد قامت إذن على أساس « عملية » opération « وتحقق » constatation من النتيجة المتحصلة .

ولا يقصد من هذه العملية أنها عملية يدوية ، بل هي عملية عقلية ؛ كما لا يقصد من التحقق ، التحقق الفيزيائي ، الذي يمكن أن تقوم به بواسطة آلات القياس ، إنما يقصد به التحقق المنطقي . وكل البرهانات الهندسية (الميانية) تقوم على أساس أمثلة جزئية لأن العملية والتحقق لا يمكن أن يتما ، حتى لو كانا عقليين ، إلا على أساس شكل مفرد .

وثانياً : بعض البراهين في الرياضه تنتقل من الخاص إلى العام ، وهذا يحدث بأن نأتي بحالة ممتازة تكون أبسط من الأحوال المركبة ثم نتقل من هذه الحالة الجزئية الخاصة إلى القانون العام أو إلى الامتداد بهذه الخاصة إلى أشياء أكثر تعقيداً مما كان من قبل بالنسبة إلى تلك الحالة الجزئية . فمثلاً لاستخراج عدد الزوايا التي يشملها مضلع ، نبدأ بالحالة البسيطة لهذا الشكل الهندسي وهي حالة المثلث ونحن نعرف أن مجموع زواياه $\equiv 2$ ق . ثم نجزي المضلع إلى عدد من المثلثات بقدر ما تسمح به الأضلاع ، فيكون لدينا حينئذ عدد من المثلثات بقدر عدد الأضلاع ، وهناك في الوسط ، في النقطة التي تتلاقى عندها رؤوس هذه المثلثات ، توجد زاويتان قائمتان . فنستطيع بعد هذا أن نستخرج عدد زواياه على أساس القاعدة أو الصيغة : ٢ (ع - ٢) .

فالملاحظ هنا أننا بدأنا بحالة ممتازة هي حالة المثلث ثم امتدنا بهذه الحالة الممتازة إلى حالات عامة هي حالة أي مضلع كان ، وتحققنا أخيراً من الصيغة العامة التي صيغ بها القانون . وكأننا هنا أيضاً بإزاء عمليتين : عملية تركيب أو بالأحرى تجزئة المضلع إلى مثلثات ، ثم عمليه مشاهدة هي مشاهدة أن هذا المضلع يحتوي من المثلثات بقدر عدد الأضلاع : وبطرح الزاويتين القائمتين المكونتين لمجموع زوايا رؤس المثلثات المتكونة ، تنتج لدينا الصيغة الدالة عن عدد ومقدار زوايا المضلع .

وبهذا تلخص نظرية جوبلو أولاً في أثنائي حالة كل البراهين الرياضية تقوم بعملية تركيب وبناء ، ابتداء من حالة جزئية . وليس الأمر هنا أمر تعديل لقضايا تبدأ منها ، لأننا نضع خواص بين صفات لا متجانسة . فبين صفة كون المثلث شكلاً ذا ثلاثة أضلاع وبين صفة أخرى هي صفة الزوايا نضع خاصية ما هي كون مجموع زواياه يساوي قائمتين ، وكون مجموع الزوايات $= 2\pi$ لا يستخلص بالتحليل من كون المثلث شكلاً ذا ثلاثة أضلاع . وعلى هذا فنحن بإزاء عملية بناء ولسنا بإزاء عملية تحليل ، لأن الروابط والإضافات التي نضعها إنما نضعها بين صفات لا متجانسة .

وقد يعترض على هذا بأن يقال إن هذا يتعلق بالهندسة القديمة التقليدية . ويرد جوبلو على هذا بأن يقول إن الجبر نفسه يقوم على أساس التركيب لأن في المعادلات والتحويلات لا تقوم بمجرد استخلاص صيغ من صيغ أو معادلات من معادلات وإنما نحن نضع خواص لها ارتباط وهذه الخواص لا متجانسة ؛ وبهذا لا نكون في الواقع إزاء عملية تحليل . ويمكن بالتالي رد جميع المسائل الرياضية إلى عمليات أي تركيبات بنائية تقوم بها فعلاً أثناء البرهنة . ويقتبس في هذا الصدد كلمة Arthur Hannequin حيث يقول : « إن العقل لا يستطيع أن يدرك ويفهم تماماً إلا ما يستطيع أن يركبه » .

أما القياس فلا يرى له جوبلو إلا مجالاً ثانوياً وذلك كخطوة انتقالية إبان البرهان أو على حد تعبيره المجازي هو فقرة من فقرات البرهنة ، وهذه الفقرة من شأنها أن تعطى للبرهان الرياضي دقته المنطقية ، بينما من شأن قدرة العقل التركيبية البنائية أن تضمن خصب العقل .

التجريب العقلي :

ويتصل بهذا الأمر تلك الناحية الأخرى التي تترجح بين المنهج التجريبي والمنهج الاستدلالي ونعني بها مسألة التجريب العقلي . وهي ناحية قد عني بها كل العناية أرنت ماخ Mach في كتابه « المعرفة والخطأ » في الفصل الموسوم باسم « التجريب العقلي » l'expérimentation mentale ثم أتى من بعد « رنيانو » Rignano وذلك في كتابه Psychologie du raisonnement « نفسانية البرهان » ، فأرجع كل أنواع البرهان تقريباً إلى التجريب العقلي . والتجريب العقلي معناه بصورة عامة أن يقوم الإنسان في داخل عقله بكل الفروض والتحقيقات التي قديئس أولاً يتيسر له أن يقوم بها في الخارج وينقسم إلى أنواع أهمها اثنان : التجريب العقلي الخيالي ، والتجريب العقلي العلمي . أما الأول فهو ذلك النوع من التأملات الخيالية وضرب الفروض بعضها في بعض مما أبدع فيه الشعراء وأصحاب الخيال الجامح . وهو طبعاً لا قيمة له من ناحية العلم ؛ والآخر هو وحده ذو القيمة العلمية ، لأن الفروض فيه لا تقوم على موضوعات وهمية مختلقة ، إنما تقوم على وقائع يجرب عليها الإنسان الأوضاع المختلفة أو الفروض العديدة ويستخرج النتائج التي تؤدي إليها هذه الفروض — وكل هذا يجري في داخل الذهن . فكل عالم قبل أن يحقق شيئاً في الخارج يتصور كل ما يريد عمله وكل جهاز يريد أن يركبه . فاستيقظون مثلاً كان يعرف العجلات والعربات وقوة البخار ولكنه قبل أن يكون بها الجهاز الذي يعرف بالقاطرة أو الآلة البخارية عامة ، كان يعرف في ذهنه قبل ذلك هذه القاطرة وتصور في ذهنه هذه القاطرة بكل أجزائها كما تصور كيف يمكن أن يكون الاحتكاك وأى مقدار من القوة الحرارية يجب أن تستخدم لجركذا أو كذا من الأثقال ... إلى آخر تلك الأشياء

التي تكون القاطرة الواقعية في الخارج . كل هذا قد أدركه بقله ، وركبه في داخل الذهن وكأنه يقوم بتجربة فزيائية ولكنها في داخل الذهن ، فهو يفترض الفروض في داخل الذهن ، ويستبعد ما لا يمكن أن يتحقق أيضاً في داخل الذهن ، ويستبعد كل الفروض التي يرى أنها غير واقعية لتركيب الشيء الذي يراد تركيبه ، إلى آخر تلك الأمور التي تقوم بها في التجريب الواقعي المادي (التجريب الفزيائي) .

ولهذا النوع من التجريب فائدة كبيرة : أولاً من حيث الاقتصاد في العمل . ذلك لأن القيام بهذا التجريب في داخل الذهن لا يكلف المرء شيئاً من الناحية المادية فلا يكسر جهازاً ولا يستنفد مواد أولية ، ولا يكون مثل التجريب الفزيائي الذي يحتاج إلى فترة طويلة ، إلى آخر كل هذه الأشياء التي ينتج عن القيام بها عقلياً غصب كثير من الاقتصاد في الوقت والجهد والمواد والتنفقات .

ثانياً : هذا التجريب العقلي قد يسمح بفرض فروض جريئة قد لا تتجه إلى اتخاذها لو أننا بإزاء تجريب فزيائي واقعي ، ومن الممكن أن تتحقق هذه الفروض بالفعل ، لأن الحرية الميسرة للعقل في هذه الحالة أكبر منها في حالة التجريب الفزيائي الذي كثيراً ما يشتت الذهن ويصرفه عن الإدراك الحقيقي للنسب العامة التي هي الأصل في كل نظرية مما يولد من جديد فروضاً خصبة تؤدي إلى اكتشاف نتائج أهم وأحسن . والشاهد على هذا ما فعله كثير من العلماء وعلى رأسهم خصوصاً جليليو — إذ استطاع القيام بكل هذه الأبحاث الكبيرة في عقل الأجسام قبل أن يحققها عملياً في الخارج واقتنع بصحتها قبل أن يجربها في الخارج . واتجه هذا الاتجاه تحريماً ديكارت ، وإن كان حظه من التجريب العملي غير مشجع على إجراء هذا النوع من التجريب ولكنه قال على السوم : متى أستطيع أن أستغني عن إجراء أي تجربة فزيائية خارجية لأتقن أن أركب

في ذهنى كل العمليات للمكنة . وطبعاً هذا الاتجاه ينشأ عن النزعات الرياضية الظاهرة . وإن كان الثانى قد وفق ، والأول قد أخفق .

ولا يقتصر هذا التجريب العقلى على الفزياء والعلوم الطبيعية بوجه عام ، بل يمتد إلى كل العلوم الرياضية فنحن نستطيع أن نجرب براهين لا حصر لها فى داخل الذهن ، فيما يتصل بنظرية هندسية . فدون حاجة إلى أى قلم يرسم لنا الأشكال الهندسية نستطيع أن نفرض الفروض وأن نسير فى التحليل عائدين ، أو نبدأ من التركيب متقدمين ، إما للبرهنة على نظرية معلومة أو لبيان نتائج خاصة من نظرية ما — وفى هذا كله نحن نقوم بعملية تجريب عقلى كالحال تماماً فى التجريب الفزيائى .

ولئن لم يكن لنا الحق فى أن نذهب إلى ما ذهب إليه رنيانو من القول بأنه الصورة العامة لكل تفكير فانه مما لا شك فيه أنه يلعب دوراً خطيراً فى تكوين التجريب الرياضى والتجريب الفزيائى على السواء ، كما سنرى عند الكلام عن المنهج التجريبى .

صور الاستدلال :

١ — الاستدلال بلا غرض معين ؛

٢ — إذا علمت لدينا قضية ويراد البرهنة على صحتها أو فسادها نلجأ إما إلى التحليل المحصل analyse poristique أو إلى التركيب synthèse ؛

٣ — إذا أريد معرفة المنصر المجهول بواسطة ماله من روابط مع عناصر معلومة ، نلجأ إلى :

(أ) التحليل الباحث zététique

(ب) التركيب synthèse

للاستدلال صور عدة تقوم إما على الغاية التي نشدها منه ، أو على طريقة البرهنة ومنهجها إبان أى استدلال . ففما يتصل بالناحية الأولى ينقسم الاستدلال إلى استدلال ذى غاية ، ويشمل خصوصاً النوع الثانى الذى ذكرناه . واستدلال ليس بذى غاية ، وهذا النوع هو المعروف غالباً فى الكتب المثالية التى تقوم على أساس فروض خيالية . ومن هذا النوع مثلاً « بوتوپيا » توماس مور Thomas More ، ثم خصوصاً من الناحية الفلسفية كتاب « بلا زمان » Uchronie تأليف رنوفيه الذى افترض فيه هذا الفرض : إذا كان مركس أورليوس لم يستقل ويتنازل عن العرش فماذا كان سيحدث؟ ثم استمر فى فرض هذه الفروض المنافية للوقائع التاريخية من أجل أن يستخلص كل الاستدلالات التى تقوم عليها ، فهذا استدلال بلا غرض مقصود ، وإنما نحن هنا نبتدىء من فرض أو فروض ثم نحاول أن نستخرج كل النتائج التى يمكن أن يودى إليها . وقد يكون فى هذا نوع من الغاية من ناحية المؤلف ، ولكنه يوضع فى الأصل باعتباره بلاغاية . ومن النوع الأدبى كتاب الرحلة إلى إيكاريا Voyage en Icarie لكاييه . ولكن هذا الاستدلال ليس بذى قيمة علمية حقة ، خصوصاً أنه يقوم على فروض خيالية ، وهو فى الواقع نوع من التجريب العقلى يهدف إلى النوع الخيالى الذى ذكرناه آنفاً . أما القيمة الحقيقية فهى فى هذا النوع الثانى القائم أولاً إما على وجود قضية ويراد البرهنة على صحتها أو على كذبها ، أو توجد قضية معلوم صحتها وكذبها ، ويراد استخلاص النتائج التى تترتب عليها . وفى الحالة الأولى نحن نقوم بعملية برهنة من أجل التأدى إلى بيان صحة أو فساد مقدمة الموضوع أو المطروحة . وفى هذه الحالة إما أن نجعلها نتيجة ، وإما أن نجعلها مقدمة . فإذا جعلناها مقدمة فإما أن نفترض القضية صحيحة ثم نستخلص ما تودى إليه من نتائج ، فإذا كانت هذه النتائج صحيحة كانت القضية صحيحة ، وإذا لم

تكن كذلك كانت خاطئة ؛ وإما أن نستخدم البرهان بالخلف وهو أن نفرض صحة العكس فيؤدى هذا الى خلف وإحالة أى نتائج تناقض قضايا مسلماً بصحتها وعن طريق إثبات كذب النقيض تثبت صحة الأصل .

وهذا المنهج فى البرهنة دقيق لا غبار عليه من ناحية البرهنة المنطقية الصرف ، ولكن كما يلاحظ Cournot فى كتابه « تسلسل أفكارنا » de nos idées L'Enchaînement يلزم العقل دون أن ينبره ؛ أى أنه يرغم على الإقناع ولكنه لا يوضح للذهن لماذا يجب الاقتناع بهذا فيظل العقل يشعر بشيء من القلق لأنه لم يستر استنارة كافية من هذا البرهان بالخلف . والطريق الآخر هو أن نأتى بالقضية المراد البرهنة على صحتها ونفترضها صحيحة . — والصيغة اللاتقة فى هذا الصدد أن يقال : أن نفترض صحة المطلوب على نحو يؤدى إلى إرضاء السؤال أى نفترض الصحة من أجل إمكان البرهنة بسهولة — فنجد أننا نصل إلى نتائج إيجابية صحيحة فيكون الأصل صحيحاً كذلك ، وفى هذه الحالة نحن نقوم بعملية تحليل محصل بمعنى أننا نبدأ من قضية ونربطها بقضية أخرى معلومة الصحة . فإن لم تكن معلومة الصحة فتربط بقضية أخرى معلومة الصحة ، وهكذا إلى أن تنتهى إلى قضية مسلم بصحتها ، وبهذا التحليل الذى هو تحليل محصل poristique كما يسميه Viète نصل إلى الربط بين هذه القضية المعلومة أماناً وبين قضايا أخرى معلوم صحتها . فتثبت صحة القضية الأصلية المعلومة . وقد تقوم بدلا من هذا التحليل المحصل بتحليل باحث zététique وذلك بأن نفرض الفروض ونقوم بالتجريب شيئاً فشيئاً حتى نصل فى النهاية إلى قضايا مسلم بها ، فهذا نوع من التحليل يختلف عن الأول فى أن الأول يفترض الصحة ، والثانى لا يفترضها ويحاول بفرض الفروض أن ينتهى إلى النتيجة المطلوبة ، أعنى إلى القضية

المعينة المطلوب معرفة صدقها أو كذبها . أما عملية التركيب فهي عملية عكسية تسير قدماً وتبدأ من القضية باعتبارها صحيحة ثم تستخرج كل النتائج . وفي هذه الحالة تكون القضية الأصلية معلومة الصحة ويراد معرفة كل النتائج التي تؤدي إليها . وهذه هي الحالة العامة التي نسلك سبيلها في تكويننا للرياضيات : فنحن نبدأ من قضايا بسيطة ثم نركبها بعضها مع بعض حتى نصل إلى قضايا أكثر تعقيداً وهكذا باستمرار . فالتركيب إذن تقدمي بينما التحليل ارتدادى ، لأنه يحاول أن يرتد إلى المبادئ الأصلية للقضايا ، بينما التركيب تقدمي لأنه يبدأ من القضايا الأولية ، مرتفعاً إلى القضايا المركبة المترتبة عليها .

المسائل المنطقية :

هذه المبادئ الأولية وتلك القضايا الأولية من أين جاءت ، وما هو المصدر الذي نستمدّها منه ؟ هنا اختلفت الإجابة على شعبتين ، وكل شعبة إلى شعبتين كذلك . فأولاً شعبة العقلين ، وثانياً شعبة التجريبيين .

١ — شعبة العقلين : يجيب العقليون عن هذا السؤال على نحوين :

(١) النحو الأول بأن يقول فريق منهم إن هذه المبادئ موجودة بالضرورة في طبيعة العقل الإنساني وأننا لا نفعل بعد هذا إلا أن نطبق هذه المبادئ ونزيد في تركيبها شيئاً فشيئاً حتى نصل إلى أعلى درجات التركيب الرياضي . وعلى هذا سترد الرياضة في نهاية الأمر إلى أن تكون درجة متقدمة أو رقيقة للمنطق على حد تعبير لينتس une promotion de la logique فالأصل أن يدرك الإنسان فكرة الإضافة الموجودة بين الموضوعات ثم ينتقل من هذه الفكرة إلى فكرة المجموع groupe ثم إلى فكرة الصنف classe وبعد هذا يستخرج فكرة العدد ثم الترتيب — إلى غير هذا من المسائل الأولية التي تكون أساس

العلم الكلى. وبعد هذا تنفاضل هذه المسائل الأولية شيئاً فشيئاً حتى تبلغ التركيب المكون لأى علم من العلوم الرياضية المعروفة ، ونحن إبان هذا كله لا نقتصر فى الواقع إلا على قوانين المنطق الصورى البحت وعلى قوانين العقل الرئيسية ولا نهيب فى أية حالة من هذه الأحوال بالعيان أو التجريب. ولذا سميت هذه النزعة باسم الصورية الرياضية formalisme mathématique .

(ب) والنحو الآخر الذى أقيم عليه هذا المذهب العقلى هو أن يقال إن الرياضة أقرب اتصالاً بالجزئيات وأقل تجربداً من المنطق الصورى . فقوانين الفكر خالية من كل مادة ، وهى عامة عموماً يجعل الصلة بين الأشياء الجزئية وبين القوانين المنطقية بعيدة كل البعد، بينما الرياضة تنطبق على الأشياء الجزئية . لهذا أتى فريق آخر من العقليين تخفف من حدة هذا القول بالصورية بأن جعل للعيان نصيباً فى استخلاص الحقائق الرياضية . فهذه النزعة تقول فى مجموعها بأن للعيان نصيباً فى تكوين الرياضة لأن الرياضة تتعلق بالجزئى أيضاً ولا تقتصر على الكلى العام وحده ولهذا فإنها تعنى بالموضوعات ولا تقتصر على مجرد الروابط الفكرية المنطقية التى تنسب وحدها إلى المنطق الصورى. ومن الذين أخذوا بهذا خصوصاً ديكارت وجليليو . ولكن العيان هنا قد فهم بمعنيين : —

أولاً : بمعنى العيان الحسى ؛ ثانياً : بمعنى العيان العقلى . لكن أصحاب هذا المذهب لأنهم عقليون قد أخذوا خصوصاً بالعيان العقلى . فديكارت أخذ به ومن قبله رجال عصر النهضة . وجاء كنت فقال إن الرياضيات تقوم على أساس نوع معين من الأحكام تختلف عن نوع الأحكام المستعملة فى المنطق الصورى البحت . فالمنطق تحصيل حاصل يقوم على أساس قضايا تحليلية أى قضايا لا تأتى فى محولها إلا بما يتضمنه الموضوع . وعلى هذا ، فإنه لا يأتى بجديد مطلقاً : وعلى العكس من هذا نجد الرياضة تقوم على أساس الجدة ؛ وهذا

لا يتيسر الا بواسطة القضايا التركيبية ، أى تلك التى يكون فى عمومها صفات لا توجد فى داخل الموضوع : إن تضمناً أو صراحة . غير أن هذه الجلمة ليست صادرة عن التجربة بل عن صور قبلية موجودة فى طبيعة العقل الإنسانى هى عبارة عن شكول قبلية للحساسية .

ولابد لكل مضمون يأتى من الخارج فى التجربة أن يدخل فى هذه القوالب القبلية أو الشكول الأولية : وأهمها الزمان والمكان والعلية ، والجلمة فى الرياضة تقوم على عيان عقلى هو عيان الزمان والمكان والعلية . وهذا ما يجعل المحمول فى القضايا الرياضية غير متضمن فى الموضوع .

وأخيراً جاء بوانكاريه فقال إن الطابع الرئيسى الذى يقوم عليه البرهان فى الرياضة هو ذلك الذى يعبر عنه البرهان بالإنبابة وهو يقوم على أساس أن فى العقل الإنسانى قوة خالقة من شأنها أن تكرر الفعل حينما تعرف أن من الممكن فعله مرة واحدة . فإذا أمكن العقل الإنسانى أن يقوم بفعل واحد فإنه يكرره باستمرار بقوة خاصة به ، وهذه القوة مركوزة فى طبيعته وهى بعينها قوة قبلية وليست صادرة عن التجربة . والبرهان بالإنبابة الذى يعبر عن هذه القوة هو فى رأى بوانكاريه النموذج الحقيقى للقضايا التركيبية الحقيقية ، أما القضايا التركيبية كما تصورها كنت ، فقد عفى عليها ، لأنه لم يعد أحد يؤمن بأن الزمان أو المكان صورة قبلية موجودة بالطبيعة فى العقل الإنسانى .

وفى هذا التطور المنزعة العقلية نجد أن ثمة تطوراً نحو التقليل من قيمة الموضوعية فى الرياضة . فقد كان نصيب العيان كبيراً لدى ديكرت ولكنه قل عند كنت واستحال فى النهاية عند بوانكاريه إلى نوع من المواضعات والاصطلاحات الميسرة أكثر من أن يكون عياناً بالمعنى الحقيقى وهذا ما جعل بوانكاريه يقول بوجود الفروض فى الرياضة كلها موجودة فى التهج التجريبى .

والرياضة سنقول إذن الى مجرد فروض يستنتج منها نتائج بواسطة المنطق الخاص .

٢ — المذهب التجريبي : وعلى العكس من ذلك يرى المذهب التجريبي أن الرياضة لا تقوم على أساس المنطق ، لسبب ظاهر جداً لديهم وهو أن الرياضة تنطبق على الواقع ، فكيف يمكن أن تنطبق الرياضة على الواقع ، مع أنها ليست صادرة عن التجربة ؟ عن هذه المسألة قد أجاب المثاليون فقالوا إن الحل بسيط وهو أن قوانين العقل هي بعينها قوانين الوجود ، فما ينطبق على العقل ينطبق على الوجود . فإذا كانت الرياضة تقوم على أساس تركيبات عقلية قبلية خالصة فإنها ستنتطبق أيضاً على الواقع ، ما دام الواقع عقلياً خالصاً هو الآخر . أما التجريبيون فقد قالوا على العكس من ذلك إن الرياضة لا تنطبق على الواقع إلا لأنها مستمدة في البدء من التجربة ، فتاريخ العلم قد دلنا على أن الرياضيات قد نشأت شيئاً فشيئاً عن طريق التجربة وأنها في تطورها إنما هي نوع من التجريد لنتائج أنت بها التجربة أولاً ثم أحلناها في النهاية — بعد أن استوثقنا منها أو من مبادئها الأولية — إلى أمور تقوم على المنطق الصوري .

وهذا المذهب قد انقسم بدوره إلى شعبتين : النزعة التجريبية الساذجة التي تقول بأن الأصل في الموضوعات الرياضية هو التجربة بعينها فالأصل في فكرة الحظ مشاهدة الخيط والسلك ، والأصل في فكرة الدائرة قطع أى جذع من شجرة ، والأصل في فكرة الاسطوانة جذع الشجرة . ولسنا في حاجة إلى الرد على هذا المذهب الساذج كل الساذجة لأن أى خط في التجربة مهما يكن لا يمكن أن يؤدي إلى فكرة الخط الهندسى إذ كل خط في التجربة له عرض وسمك ، أما في الرياضة فليس للخط أى سمك أو عرض . كما أن الدائرة كما تتصورها الهندسة لا توجد في أى شيء من الموضوعات التجريبية إطلاقاً . — والنزعة

الثانية هي التجريبية المذهبة وهي التي تقول بأن الأصل في نشأة الرياضة كما دلنا تاريخها هو البدء من معطيات التجربة ، ولكن بعد مرور فترة ما كانت كافية لتكوين مضمون قادر من بعد على أن ينمو بنفسه اكتفت الرياضة من التجربة بهذا القدر وأصبحت تعتمد على رأس مالها وحدها ، فزادت من التركيبات المختلفة ومن بيان الإضافات المعقدة والمتطورة في التعميد شيئاً فشيئاً ، وهذه التركيبات قد أقامت على أساس البرهان المنطقي ، ولكن المهم أن الخطوة الأولى قد كوّنت على أساس تجريبي . وهم هنا يشيرون دائماً إلى استخدام الأشكال للرسومة في الهندسة وإلى الحل والتركيب في الحساب والجبر ، وكل هذا يدل على أننا في أثناء الرياضة إنما نقوم في الواقع بأشياء تتصل بالتجربة عن قرب .

وينسب إلى هذا المذهب أيضاً المذهب العملي أو الفعلي أو التركيبي البنائي الذي يمثله جوبلو . فجوبلو كما عرفنا من قبل يقول إن القوة الخالقة المجددة في الرياضة هي قوة التركيب البنائي ، فتركيب الأشكال المختلفة في الهندسة ، ثم تركيب المعادلات بعضها مع بعض على هيئة خاصة ووضع خاص ، هذا هو الذي يعطى العقل القدرة على أن يركب من جديد وأن ينتقل باستمرار من الخاص إلى العام . فهو يفسر الجدة في الاستدلال على أساس قدرة العقل على البناء والتركيب . ولو نظرنا بعد هذا في هذه النظريات ، لوجدنا في الواقع أن المذهب الأول ، مذهب الصورية المنطقية الرياضية ، هو المذهب الذي يكاد يكون السائد اليوم ، خصوصاً عند أصحاب المنطق الرياضي . فكما عرفنا من قبل عند كلامنا الأخير عن فكرة العدد ، قد وجدنا عند رسل (ويشايعه في هذا كل المناطقة الرياضيين) وبخاصة أتباع دائرة فيثاغورس (أن الرياضة من خلق العقل ، وهي ليست إلا مجموعة من التعريفات التي نضعها في البدء إلى جانب قدر قليل من الأفكار الأولية والأفكار غير المحددة ، وهذه كلها صادرة من العقل نفسه ، وكل ما فعله بعد

هذا في الرياضة هو أن تستخرج كل الإضافات الممكنة التي بين هذه الأفكار الأولية ؛ وأن تزيد التركيب في التمدد شيئاً فشيئاً حتى تبلغ الرياضة العليا . ونحن في هذا لم نفعل أكثر من أننا استخرجنا المضمون الأصلي للتعريفات والبديهيات والأوليات ؛ بل البديهيات والمصادرات تنحل بدورها إلى تعريفات ، فالمسألة سترتد في نهاية الأمر إلى مجموعة من التعريفات والاصطلاحات يضمها العقل الإنساني دون أن يستعين في هذا بالتجربة . ثم يحاول على أساس افتراض صحة هذه التعريفات أن يستخرج كل ما يمكن أن تتضمنه بواسطة الاستدلال المنطقي . وعلى هذا فليس في الرياضة عنصر تجديد ولا جدة إطلاقاً ، والأمر كله أمر تحصيل حاصل مستمر . وتحصيل الحاصل هذا لا ينشأ عن قوة سرية خاصة كما يزعم پوانكاريه ، ولا ينشأ عن مقدرة تركيبية بنائية كما يدعى جوبلو . وإنما يقوم على القوانين المنطقية العقلية الصورية الخالصة .

وأخيراً لا يفوتنا أن نشير إلى رأى مايرسون الذي انتهى في كتابه « سلوك الفكر » إلى القول بأننا في حالة الاستدلال ، حتى لو قمنا بعملية تغيير في منتهى الضالة ، فإننا في الواقع ننتقل من جديد إلى جديد مغاير باستمرار ؛ وإنه لا يوجد أى تحصيل حاصل في الفكر . حقاً توجد هوية في الصورة بين $(١ + ب)^٢ = (١ + ب)^٢$ ولكن لا توجد هوية بين $(١ + ب)^٢ = ٢ + ٢ + ٢ + ب + ب + ب$ فهناك تغيير مستمر وبالتالي لا يوجد تحصيل حاصل . ولكن هذا أيضاً لا يدل على أية جدة ، والحقيقة أن الرأى الذي يجب أن يتبع هو أن نقول كما قال أصحاب المنطق الرياضى إن كل شىء يتوقف على مصطلحات يضعها العقل الإنسانى وضعا ثم يستخرج العقل منها بافتراض صحتها (والصحة هنا افتراضية بحت) كل ما يمكن أن يستخرج منها ، وكل هذا بواسطة القياس الخالى من كل جدة ، والرياضة إذن كلها تحصيل حاصل مستمر .

المنهج التجريبي

رأينا في المنهج الاستدلالي أنه لا يقتصر على السير من الكلى إلى الجزئى ، بل هو بالأحرى يسير من الخاص إلى العام ، وفي هذا اقتراب هائل من المنهج الاستقرائى الذى كان يعد أنه إنما يقوم على أساس الانتقال من الخاص إلى العام يعكس الاستدلال . وتبين خصوصاً بعد أبحاث جوبلو أن الأمر يتوقف هنا على الإهابة بالتجربة ، لا على طريقة الانتقال ، فطريقة الانتقال واحدة في كلا النوعين فهى دائماً من الخاص إلى العام ، خصوصاً في الاستدلال بمعناه الحقيقى ، لا بمعنى الاستدلال القياسى ، وإنما الفارق هو أننا في الاستدلال لا نعتمد على التجربة بل نعتمد ابتداء من المبادئ الأولية على قواعد المنطق ومبادئه وحدها منتقلين دائماً من البسائط إلى المركبات وهكذا باستمرار في تقدم مستمر نحو التركيب والتعقيد. ولهذا يميل بعض من المناطق إلى عد المنهج الاستدلالي خطوة من المنهج التجريبي ؛ أو بالعكس يميل بعض من المناطق إلى عد المنهج التجريبي لحظة من لحظات المنهج الاستدلالي العام . غير أن هذا التقريب يجب أن لا ينسينا التمييز الدقيق الذى يجب أن نضعه فيما بينهما . فقد تبين لنا في نهاية حديثنا عن المنهج الاستدلالي أنه يقوم على أشياء من خلق العقل وأنه تحصيل حاصل مستمر ، وأن الصورية المنطقية هى الطابع الحقيقى للرياضة وبالتالي للاستدلال الرياضى . بينما نجد على العكس من ذلك أننا في حالة العلوم الطبيعية نبدأ من موضوعات توجد في التجربة الخارجية أى لا تقتنص من العقل بل تفرض نفسها من الخارج على العقل أولاً ، وعلى هذا (العقل) — بعد ذلك — أن يفسرها أو يصفها . فمن الممكن أن نميز بين كلا للمنهجين على أساس أن المنهج التجريبي موضوعه الوقائع الخارجية ، بينما المنهج الاستدلالي موضوعه الخبوات العقلية — إن صح هذا

التعبير les êtres de raison . فالمنهج التجريبي بمعنى عام هو المنهج المستخدم حين نبدأ من وقائع خارجة عن العقل ، سواء أكانت خارجة عن النفس إطلاقاً ، أم باطنة فيها كذلك كما في حالة الاستبطان ، لكي نصف هذه الظواهر الخارجة عن العقل ونفسرها . وفي تفسيرنا لها نحن نهيب بالتجربة باستمرار ، ولا نعتمد على مبادئ الفكر وقواعد المنطق الصورية وحدها .

خطوات المنهج التجريبي :

ولهذا المنهج خطوات ثلاث : الأولى حينما نقوم بمجرد الوصف والتعريف ، فعالم النبات الذي ينظر في أنواع النبات المختلفة ، وأصناف الأوراق التي يحملها كل نبات ، وضروب الأزهار الخاصة بذوات الأزهار منها ثم طريقة التغذية في كل منها وطريقة الوقاية إلى آخر تلك العمليات الحيوية التي يقوم بها النبات — نقول إن العالم الذي ينظر في هذه الأشياء ثم يقوم بعملية الوصف ثم التعريف ثم التصنيف إلى أسر وفصائل وأصناف ، لا يقوم بعملية تفسير ولا عملية تجريب كما أنه لا يضع نظرية عامة لكل الظواهر أو فرضاً يستوعبها جميعاً ، فهذه الخطوة تسمى خطوة التعريف والتصنيف أو مجرد الوصف البسيط . والخطوة الثانية هي ألا يقتصر الإنسان على أن يعرف حالة الشيء بل ينتقل منها إلى بيان الروابط والاضافات الموجودة بين طائفة من الظواهر المتشابهة .

هنالك تقوم بعملية تفسير لا تقتصر على مجرد الوصف كما في الخطوة السالفة فهذا التفسير يقتضي منه أولاً أن يشاهد هذه الظواهر وأن يتلو هذه المشاهدات بوضع فرض يمكن أن يكون قضية تفسيرية لمجموع هذه الظواهر ، وثالثاً عليه بعد ذلك أن يمتحن صحة هذا الفرض بإجراء التجارب التي إما أن تثبت هذا الفرض

مباشرة أو أن تؤدي إلى إثبات قضية تكفي صحتها لإثبات صحة الفرض المطلوب امتحان الصحة فيه . فهذه الخطوة الثانية تمتاز إذن بالمشاهدة التي لا تتوقف عند هذا الحد . كما هي الحال في الخطوة الأولى — بل تنتقل منها إلى بيان الروابط وذلك بافتراض صيغة تفسيرية للإضافات الموجودة بين الظواهر المختلفة ، ثم امتحان صحة هذا الافتراض بإجراء التجارب المختلفة . وهذا هو المنهج التجريبي بالمعنى الدقيق . أما الخطوة السابقة فقد أدخلناها في باب المنهج التجريبي لأنها تتصل بالعلوم الطبيعية ونحن ننظر إلى المنهج التجريبي على أنه المنهج للتعلم بالعلوم الطبيعية إجمالاً . فعلى السعة نقول إذن إن هذه الخطوة تدخل في باب المنهج التجريبي .

٣ — الخطوة الثالثة : حتى إذا ما اتهمنا عن طريق المنهج التجريبي هذا إلى وضع قوانين أتينا بخطوة ثالثة هي خطوة تنظيم هذه القوانين الجزئية لكي تدخل في نطاق أعم بأن تصبح مبادئ عامة كلية يستخرج منها قوانين بواسطة الاستدلال ، وهذه المبادئ العامة هي الفروض العظمى كفرض النسبية أو الذرات أو إشعاع الراديو (أو الإشعاع الراديومي) أو فرض التطور في العلوم الحيوية . والملاحظ في هذه الخطوة الثالثة أنها تركيبية بينما كانت في الحالة الثانية تحليلية ، لأننا هنا نحاول أن نركب شيئاً فشيئاً القوانين الجزئية للظواهر الجزئية لكي نضع قانوناً كلياً عاماً ، يصلح لأن تستخلص منه بقية القوانين الفرعية . ففي الميكانيكا مثلاً توجه قوانين نيوتن في الحركة والجاذبية ، وقوانين سقوط الأجسام لـ جليليو وكبلر ، فلو أننا نظمنا هذا كله في نظرية واحدة كما في فرض النسبية ، فإننا نستطيع أن نصل إلى فرض عظيم من الفروض الفيزيائية ، أو الفروض الفلكية ، أو التصلة بالميكانيكا .

لمنهج الملاحظة والتأري إلى الوقائع في المنهج التجريبي :

ولو نظرنا في المنهج التجريبي وهو الخطوة الثانية من الخطوات الثلاث التي أوردناها بالمعنى الضيق فإننا نجد أن هذا المنهج إنما يسير خطوات ثلاث هو الآخر ، فهو يبدأ بالملاحظة ويتلوها بالفرض ، ويتبعها بتحقيق الفرض بواسطة التجريب . فالملاحظة والفرض والتجريب هي إذن الفقرات الثلاث المكونة لسلسلة المنهج التجريبي ، فلو نظرنا مثلاً في نظرية كمنظريه سقوط الأجسام التي وضعها جليليو فإننا نجد أن جليليو قد بدأ بملاحظة سقوط الأجسام وأنه يبدو للانسان في الظاهر أن الجسم حينما يقطع مسافات أطول أثناء سقوطه تزداد سرعته ، فحاول أن يفسر هذه الظاهرة المشاهدة ، فافترض أولاً أن زيادة السرعة ناشئة من زيادة المسافة المقطوعة . ولكنه وجد أن هذا الفرض يؤدي إلى تناقض مع كثير من الوقائع ، فاستدل به فرضاً آخر هو أن تكون نسبة السرعة سائرة مع الزمن ومن أجل هذا حاول أن يجري تجربة مباشرة ولكنه لم يستطع ذلك فأجرى تجربة غير مباشرة استطاع أن يبين فيها النسبية بين الزمن الذي مر وبين المسافة من المكان التي قطعت . وبهذا وصل إلى قانون سقوط الأجسام ، لارتباط هذا بالفرض الثاني الذي وضعه وهو التماثل فيما بين السرعة والزمن . فإذا نظرنا في المنهج الذي سنكه جليليو من أجل وضع هذا القانون وجدنا أن الخطوة الأولى هي أنه ابتداءً من ظواهر مشاهدة ثم تلا هذه الخطوة بخطوة ثانية هي افتراض نسبة معينة ستكون القانون الذي على أساسه تحدث تلك الظواهر التي شاهدها . وهنا يجب أن تكون لديه فكرة سابقة يحاول بها أن يحدد المضمون الذي يستخلص من الوقائع المشاهدة ، أما أن يكون خالياً من كل فكرة سابقة فهذا ما لا يمكن أن يؤدي به إطلاقاً إلى وضع أى فرض . وهذا القدر السابق من الأفكار هو ما يسمى باسم النظام التحليلي

systeme analyseur فالنظام التحليلي هو الجهاز من الأفكار الموجود في الذهن والذي يستطيع الإنسان بواسطته أن يقبل على الظواهر فيضع الفروض من أجل تفسيرها . وكل عالم له نظام تحليلي هو محصل التجارب التي في ذهنه والمعلومات التي ظفر بها ، أو مألديه من أفكار خاصة جاءت عن طريق التأمل في الظواهر التي شاهدها من قبل ، حتى إذا وضع الفرض كان عليه — كخطوة ثالثة — أن يمتحن صحة الفرض بإجراء التجارب التي تؤيده أو تنفيه أو تعدل منه . فقد رأينا جليليو في الفرض الأول قد أجرى تجارب فلم تؤيد الفرض ، فكان عليه حينئذ أن ينبذ هذا الفرض وأن يستبدل به فرضاً آخر فأجرى تجارب وجدها مؤيدة له وإن كان ذلك بطريقة غير مباشرة . وبهذا التجريب استطاع أن يثبت صحة الفرض ، وبالتالي أن يضع القانون المفسر لهذه الظواهر المتصلة بقوط الأجسام . ومن هذا يتبين إذن أن المنهج التجريبي فقرات ثلاثاً : هي ١ — الملاحظة أو المشاهدة ، ٢ — الفرض ، ٣ — التجريب experimentation .

وهنا يحسن بنا أن ننظر في العموم الطبيعة المختلفة من أجل معرفة نصيب كل منها من هذه الخطوات الثلاث . فنجد أولاً أن ثمة علوماً تكاد أن تقتصر على الخطوة الأولى : فعلم النبات ، على الأقل في صورته الأولية ، وعلم الحيوان وعلم المورفولوجيا عامة ، وعلم الكيمياء فيما قبل القرن السابع عشر — كل هذه العلوم كانت وصفية تقوم على الملاحظة وحدها ، بأن يلاحظ العالم الموضوعات المختلفة التي تنسب إلى العلم الذي يبحث فيه ، ثم يصنف هذه الموضوعات وفقاً لمعلومات معينة ، بأن يصنف في علم النبات مثلاً النباتات على أساس الفلقة في البذرة ... إلخ أو على أساس ظهور أعضاء التأنيث والتذكير أو عدم ظهورها في النبات ، وهو في هذه الأحوال يشاهد ولا يجرب . كما أنه من ناحية أخرى لا يتنبأ بشيء ، إنما التنبؤ — إذا تم في هذه الحالة — سيكون من شأن علم الزراعة .

وثانياً — هناك علوم تعتمد حقاً على الملاحظة ولا تقوم بالتجريب ولكنها لا تقتصر على الوصف بل تنتهى إلى وضع قوانين دقيقة قد تصل أحياناً إلى الغاية من لدقة ، كما فى علم الفلك : فعلم الفلك يضع قوانين لمسار الكواكب أو حدوث الظواهر الفلكية المختلفة من كسوف وخسوف وهالات .. إلخ وكيفية موقع الأجرام بعضها من بعض وكيفية انتقال الضوء ووقوع الأشياء بعضها من بعض . فهنا نجد الفلكى ينتهى إلى قوانين ينمى عالم النبات لا ينتهى إلى شىء منها بل يكتفى بمجرد التعريف والتصنيف . ولكنه يتفق مع عالم نبات فى أنه لا يقوم بالتجريب . وما كان العالم الفلكى يقوم بوضع قوانين فإن من شأن القوانين أن تهيب الفرصة للتنبؤ ، والتنبؤ من شأنه أن يعطى الإنسان قدرة على الطبيعة ، سلبية فى حالة علم كعلم الفلك ، ولكنها إيجابية فى حالة علم كعلم الفيزياء . وعلى كل حال فالمهم أننا فى علم الفلك نقوم بوضع قوانين ، وبالتنبؤ وفقاً لهذه القوانين .

وثالثاً — يوجد نوع ثالث من العلوم لا تقتصر فيه على مجرد الملاحظة ولا على مجرد وضع قوانين دون التجريب ، بل تمتد من هذا أيضاً إلى إجراء التجارب التى تثيرها إثارة . فنحن فى حالة علم كالفيزياء نستطيع أن نلاحظ مثلاً الظواهر الصوتية ، ونستطيع أن نضع بعد هذا ، القوانين لهذه الظواهر ، حسب المشاهدة ، كما نستطيع أيضاً أن نضع الفروض ، ثم نجرى التجارب العملية التى نحدثها نحن إحدائنا ، ولا ننتظر حتى تحدثها الطبيعة ، فنقوم فى هذه الحالة بعملية تجريب ، ولا تقتصر على الملاحظة والفرض ووضع القانون . وهذه القدرة على إيجاد التجارب بدلا من ترصد وقوعها بفعل الطبيعة هى القدرة الخالقة فى العلوم الفيزيائية التجريبية ، وهى التى بسببها نعت كلود برنار الإنسان العالم القائم بالتجارب ، بأنه « الرئيس المساعد (الأسطى) للخلق » le contremaître de la création

ولكن يجب مع ذلك ألا نقاى فى هذه التفرة بين التجرب فى حالة العلوم
التجريبية (الطبيعية) المودة للتجارب مباشرة وبين الحالة الأخرى التى هى
حالة الملاحظة البسيطة الساذجة التى لا تؤدى إلى إيجاد التجارب مباشرة ، بل
تنظر حتى تحدث الطبيعة أحداثها ، ثم ترصدها . ذلك أننا هنا فى الواقع يلزأ
نوعين من التجارب : فالنوع الأول وهو الموجود فى علم الفزياء مثلاً نوع
مستثار *provoqué* والنوع الثانى نوع مهأ به *invoqué* ، وبهذا يتحدد
نصيب كل قسم من أقسام العلوم الطبيعية فى داخل المنهج التجريبى .

لكن ليس معنى هذا أن كل علم منها يتبع خطوة واحدة من هذه الخطوات
الثلاث أو الثلاث معاً ، ولكن يصح أن يكون فى جزء منه تابعاً لخطوة واحدة
وفى جزء آخر تابعاً للخطوات الثلاث معاً ، ويصح أن يكون ملاحظاً متنبأً فى
بعض أنحائه ، ويكون ملاحظاً فقط فى بعض ثان من أنحائه ، وملاحظاً متنبأً
مستثيراً للتجارب فى بعض ثالث من هذه الأنحاء .

عناصر المشاهدة : العنصر الأول الذى تقوم عليه المشاهدة هو عنصر العيان
الحسى ، فالحس يجب أن يكون الحرك الأول لكل بحث علمى . ولهذا نجد
تقسيمات العلوم الطبيعية قائمة على هذا الأساس فى البدء ، تقسيم العلوم الفزيائية
إلى علم ضوء وصوت وحرارة ... الخ إنما يقوم فى الأصل على أساس التمييز بين
الحواس المختلفة وما ينتسب من كل منها إلى ميدان الطبيعة . هذا إلى أن
المشاهدات الحسية كثيراً ما كانت الأصل فى الاكتشافات العلمية العالية
فما بعد . فقانون سقوط الأجسام لجليلى قد اكتشفه هذا ابتداءً من
ملاحظة ازدياد السرعة كلما اقترب الجسم من الأرض . وتورتشلى *Toricelli*

قد اكتشف نظرياته الخاصة بالضغط الجوى ابتداء من ملاحظات رآها القأمون على الينابيع والمياه المعدنية في فلورنسا .

وهكذا نجد أن المشاهدات الحسية كانت دائماً نقطة البدء في كثير من النظريات العلمية ، وفضلاً عن هذا فإن الأجهزة التي نعدّها اليوم الأداة الرئيسية في العلم ، إنما ترد في النهاية إلى الإحساس أو العيان الحسى ، أو على حد تعبير البعض هي امتدادات مقوية للحواس . فمثلاً الترمومتر يجب أن يعدّ زيادة في حسّ اللمس ، والمقرب يجب أن يُعدّ زيادة في حسّ الإبصار ... الخ وفضلاً عن هذا كله فإننا نحتاج دائماً من أجل جعل التجريد أقرب إلى الفهم ، إلى استخدام الرسوم البيانية من مربعات تسجيلية وإحداثيات ... الخ بل نسجل بالدقة التغيرات الخاصة بظاهرة من الظواهر . كما قد أعاننا كثير من الآلات التي اخترعت حديثاً ، كالسينما ، على أن نتتبع تطور بعض الأشياء في لحظة وجيزة مما لم يكن ميسراً من قبل إلا في سنوات بل وفي أعمار متطاولة . فالسينما مثلاً تهيننا أن نتتبع تطور حيوان أو نبات ابتداءً من البذرة أو الحيوان حتى نصل إلى آخر درجات نموه ثم إثماره ثم انتهائه — ؛ وفي هذا نحن نعتمد على المشاهدة الحسية التي تيسرها لنا الآلات المسجلة . غير أن هذه الأهمية التي للعيان الحسى يجب ألا تنسينا أن المشاهدة لا يمكن أن ترد إلى مجرد عيان حسى ، بل تشمل إلى جانب هذا ألواناً مختلفة من البيانات الحسية جامعة بينها جميعاً ، ومكونة في النهاية المشاهدة العلمية بالمعنى الدقيق لهذه الكلمة . فعلينا أن نفرق بين المشاهدة التجريبية والمشاهدة العلمية . فيجب أن نفرق أولاً بين المشاهدة البسيطة والمشاهدة العلمية . فالأولى هي التي تقوم بها عرضاً في الحياة العادية دون أن نقصد إلى الملاحظة فعلاً ودون أن نركز انتباهنا منذ البدء في ناحية معينة . وهذه

المشاهدة لما قيمتها العلمية أيضاً : فكثير من الاكتشافات ابتدأت بمثل هذه الملاحظة . غير أن هذه لا تكفى ، بل لابد لنا من أن نتوع في ميدان الملاحظة وأن نقصد إليها قصداً ، حتى نستطيع أن نصل إلى مشاهدة علمية بالمعنى الدقيق .

والمشاهدة العلمية بالمعنى الدقيق هى تلك التى يبدأ فيها المرء من فرض أو يحاول بواسطتها أن يبحث فى ناحية معينة . فهنا يقوم المرء بمشاهدات مختلفة منوعاً فيها ، محاولاً أن يجعل الكثير منها يتضافر من أجل إيضاح ظاهرة معينة ، أو التحقق من صحة فرض ما . ويجب أن تكون هذه الملاحظة دقيقة كل الدقة ، فلا تنقل أى عامل قد يكون له أثر فى إحداث الظاهرة . ومن أجل هذا كان علينا أن نفرق — كما فعل كلود برنار — بين نوعين من المشاهدة : المشاهدة البسيطة والمشاهدة المساحة ، فالأولى تقوم على الحواس المجردة مباشرة ، أما المشاهدة المساحة فهى تلك التى نستعين فى تحقيقها بالأجهزة المختلفة التى تهىء لنا تقوية الحواس أو اكتشاف ظواهر لا يمكن أن تكتشف بالحواس المجردة ، أو وضع الظواهر تحت سلطاننا ومراقبتنا بدقة ، أو تكرار الظواهر فى أحوال ملائمة — إلى آخر تلك الفوائد التى تيسرها لنا الأجهزة والأدوات .

والأجهزة من أجل هذا ، على درجة هائلة من الأهمية ، وتنقسم إلى عدة أنواع : أولاً : الأجهزة التى من شأنها أن تهىء وتعد للملاحظة ، ولا تعد فى الواقع أجهزة بالمعنى الدقيق ، وإنما هى أدوات تمهد الطريق لإجراء المشاهدات ، فمثلاً المبضع : scalpel نستعين به فى إجراء تشريحات فى الجسم مما يهين لنا — على حد تعبير كلود برنار — أن ننفذ فى داخل المادة الحية من أجل ملاحظة ما لها من تركيب . وأدق منه ما يمكن أن يسمى باسم « المشرح الدقيق » microtome .

ثانياً : الآلات التى تهىء لنا أن ندقق فى الملاحظة ، بأن توسع من الطاقة

التي لنا ، المتصلة بحس ما ، مثل المجهر الذى يزيد فى قوة الإبصار للأشياء الدقيقة والمقرب الذى ييسر مشاهدة الأشياء البعيدة ... الخ .

ثالثاً : الأجهزة التى تيسر لنا مشاهدة ظواهر لا يمكن أن تدرك بالحس المباشر ، لأنها لا تظهر بواسطته ، مثل الإلكتروسكوب *electroscope* أو الاسكتروسكوب *spectroscope* .

رابعاً : الأجهزة المسجلة *enregistreurs* فهذه تسجل من الظواهر ما لا يمكن أن يتم بدقة بدون جهاز . فمثلاً بالنسبة إلى الظواهر الجوية ، مسجل الزلازل أو السيسمو جراف *sismographe* أو الانيموجراف *anémographe* (مسجل الرياح) .

وفىما يتصل بالمسائل الفسيولوجية ، يوجد مثلاً الكارديوجراف *Cardiographie* أى مسجل نبض القلب ثم مسجل ضغط الدم ، ومسجل التوتر العضلى .

خامساً : أجهزة تجمع بين الناحيتين : التسجيل والتوسع فى الإحساس مثل الترمومتر ذو النهاية الصغرى والنهاية الكبرى أو الترمومتر المسجل أو البارومتر المسجل أو مقياس الرطوبة المسجل .

فكل هذه الأجهزة تهىء لنا الدقة وأن نقوم بالملاحظة فى أحسن الظروف الملائمة وبدرجة من الدقة تزداد باستمرار . وقد كان لتطور الأجهزة فى السنوات الأخيرة أخطر الأثر فى تطور العلوم الطبيعية خصوصاً الأجهزة المتصلة بالقياس أو الوزن ، فقد بلغت الدقة فى بعضها أن هيات لنا أن نزن $\frac{1}{\text{مليار}}$ من الكيلو جرام أو نقيس $\frac{1}{\text{مليار}}$ من الكيلومتر .

غير أننا في هذا كله لا نزال في داخل المشاهدة بالمعنى الدقيق أى تلك التى لم تختلط بالتجربة بعد ، وعلينا الآن أن نفرق بين التجربة والمشاهدة بكل دقة فنقول إن الملاحظة تتعلق بأشياء تعرض لنا دون أن نستثيرها أو نحدثها بأنفسنا، أما التجربة فتتعلق بظواهر نستثيرها نحن ، ولهذا فالتجربة يمكن أن تعرف بأنها مشاهدة مستثارة . وبهذا المعنى يقول كلود برنار : حينما ننتظر الظواهر حتى تحدث ، مسجلين حدوثها خطوة خطوة ، فإننا لا نقوم فى هذه الحالة إلا بعملية مشاهدة . أما إذا كان لدينا فرض ، ونريد أن نتحقق من صحته ، فإننا نقوم بمشاهدات وتجارب من شأنها أن تحقق هذا الفرض .

وعلى هذا فالفارق الحقيقى بين المشاهدة والتجريب ، أن المشاهدة ليس فيها فرض سابق غالباً ، كما أنها تأتى غالباً من ملاحظة ظواهر تطرأ أمام الإنسان ، دون أن يستثيرها هو ، بينما التجريب يأتى دائماً عن طريق استثارة ظواهر ثم مشاهدتها .

والتجريب نوعان : نوع يبدأ من فرض معين ، وآخر لا يبدأ من فرض ، لأنه لم يتم بعد تحقيق دقيق للتفسير الذى يمكن أن يوضع للظاهرة ، ولهذا يسمى هذا النوع الأخير باسم التجربة للرؤية *expérience pour voir* . فالتجربة للرؤية معناها ألا يكون لدى الإنسان فرض معين عن ظاهرة ما ، لأنه لم يكتشف بعد ماعسى التفسير الصحيح أن يكون . وهنا ليس عليه أن يقف ، بل عليه أن يجرب ويجرب ، ويستمر فى التجريب ، لأن مجرد التجريب يكفى أحياناً لاستثارة فكرة عن التفسير أو لإنتاج فرض ما . فهذا النوع من التجريب هو من أجل الرؤية ، أى من أجل رؤية ماعسى أن يكون الفرض الصحيح الذى إذا ما اكتشفناه تحقق فيما بعد بواسطة تجارب تتضافر كلها من أجل تحقيقه ،

فلا تجرى التجارب— كما هي الحال في التجربة للرؤية— حينما تتفق أو من غير فكرة سابقة أو من غير توجيه للتجربة في اتجاه معين ، بل تجرى كلها من أجل تحقيق هذا الفرض . وهنا تنتقل إلى النوع الثاني من التجريب الذى يجب أن يعد التجريب بالمعنى الحقيقى ، وفيه نبدأ من فرض معين اعتقدنا صحته ، ونجرى التجارب من أجل تحقيقه ، مستعينين فى ذلك بما لدينا من أجهزة . والتجارب فى هذه الحالة إما أن تكون أولاً لتكرار ظواهر لا نكاد نجد لها فى الطبيعة الخارجية إلا نادراً . فمثلاً بالنسبة للأجسام السريعة التأكد كالصوديوم واليوتاسيوم ، نستطيع بواسطة التجربة أن نكرر التجارب عليها بحيث تكون خالية من أية أكسدة . وثانياً : أن نوجد ظواهر لا تتحقق فى الطبيعة الخارجية ، فنأتى نحن ونحدثها فى صورة تهيهء لنا دراستها على النحو الأكل . ثالثاً : من أجل استعادة ظواهر لا نستطيع أن نأتى بها بواسطة المشاهدة البسيطة ، فنستعين بالتجريب من أجل استعادة هذه التجارب التى حدثت فى الطبيعة ولا ندرى هل ستحدث مرة أخرى أو لا تحدث . رابعاً : أن ننوع فى الظروف والأحوال التى توجد فيها التجارب ، وهذا ييسر لنا أن نستبعد كل الأحوال التى لا يمكن أن تكون مؤثرة حقاً على الظواهر فنقصر التفسير على العال الحقيقية مستبعدين الظواهر العرضية . وفضلاً عن هذا فإن تنوع الأحوال والظروف التى توجد فيها الظاهرة ، من شأنه أن يجعلنا ندرسها بدقة أكبر لأننا سنعرف كل الأحوال الممكنة التى يتيسر فيها حدوث هذه الظاهرة ، كما نعرف كل الأسباب تقريباً التى تؤدى إلى إحداثها . خامساً : أن التجريب يهيهء لنا تبسيط الظاهرة إلى أقصى حد . ولعل هذا أن يكون أهم ما يأتى به التجريب ، ذلك أن كل ظاهرة لا تأتى فى الطبيعة مستقلة ، بل يرادفها كثير من الظواهر العرضية والأشياء المتغيرة ، وعلمنا نحن فى التفسير العلمى لأية ظاهرة أن نستبعد المتغيرات قدر الإمكان ،

ولا نبقى إلا على الثوابت . فمن شأن التجريب أن يحد من نطاق العوامل العرضية وبالتالي المتغيرات فيقصر هذه الظاهرة المدروسة — من ناحية تأثيرها وعوامل إحداثها — على العوامل المباشرة التي أنتجتها أى على العلل الثابتة للوجوده أيضاً عند حدوث هذه الظاهرة . أما العوامل العرضية الثانوية المتغيرة ، فتستبعد بواسطة التجريب . وهذا ما يسميه بـ *cruciale* أى تلك التى تهيب ، لنا أن نعرف بالدقة الأسباب الوحيدة الثابتة الحقيقية المنتجة للظاهرة . ولو نظرنا بعد هذا فى الصلة بين التجريب والملاحظة ، وجدنا أنه وإن كان صحيحاً أننا فى التجربة نخضع الطبيعة ، بينما فى الملاحظة نحن نخضع للطبيعة ، فإن الفارق بينهما ليس على هذا النحو من الحدة . فتمتد نوع من التجارب هو التجارب السلبية التى هى نوع من الملاحظة فقط : فمثلاً الطبيب الذى يذهب إلى عدة أماكن مختلفة موبوءة بوباء ما ، من أجل دراسة هذا البوباء ، فإنه يقوم بالتجريب ، لأن انتقاله معناه استثارة التجارب بمعنى أنه لا ينتجها هو بالفعل ، بل تكون هى حاضرة أمامه من نفسها — فهذا النوع يمكن أن يعدّ ملاحظة وتجريباً . ويظهر خصوصاً فى الدراسات الفسيولوجية والنفسية الحديثة ، فى كثير من الأحوال المرضية يمكن أن نعدّ بعض الظواهر مستثارة ، وإن كانت هذه الاستثارة ليست على النحو المعروف فى استثارة الظواهر الفزيائية .

شروط الملاحظة : والملاحظة لكي تكون مؤدية إلى الغاية المقصودة منها يجب أن تكون وافية بشروط أهمها :

أولاً : أن تكون الملاحظة كاملة ، بمعنى أن من الواجب أن يلاحظ المرء كل العوامل التى قد يكون لها أثر فى إحداث الظاهرة ، لأن إغفال بعض العوامل

قد يؤدي أحياناً إلى عدم معرفة بعض الظواهر من حيث العوامل التي أدت إلى إيجادها فعلاً ، أو من حيث ارتباطها بغيرها أو من حيث إمكان إنتاجها في ظروف أخرى غير الظروف التي أنتجتها العوامل الظاهرة .

ثانياً : يجب أن تكون الملاحظة نزيهة ، بمعنى أنه يجب على الملاحظ ألا يتأثر بأي معنى من المعاني السابقة ولا بأي اتجاه يميل عليه إملاء من شئ ، آخر غير الظاهرة التي أمامه . حقاً إننا بعد الملاحظة ، أثناء التجريب ، نبدأ دائماً من فرض نحاول تحقيقه ، ولكن يجب ألا تتأثر بهذا الفرض إلى حد أن يعمينا عن إدراك أن الظواهر التي أمامنا ليست أحياناً هي التي تفسر بهذا الفرض فتتوهم كذباً أن هذا هو التفسير الحقيقي ، مع أننا مسوقون هنا لا بما دلت عليه الملاحظة الخارجية ، ولكن بمعنى سابق هو الذي أتانا من الفرض المراد تحقيقه .

وإذا كان هذا ما يجب أن يتوافر ، فيجب من ناحية أخرى أن نراعي الأخطاء التي قد تقع فيها إبان الملاحظة . وأول هذه الأخطاء ينشأ عن طبيعة الملاحظ ، فقد يكون ثمة فساد في أحد حواسه ، كما هي الحال مثلاً في المصابين بالنقص الدالتوني ممن لا يستطيعون التمييز بين الأحمر والأخضر : — وقد يكون الخطأ صادراً عن الأجهزة ، فأحياناً يكون الخطأ ناشئاً عن عدم مراعاة كل الظروف التي يجب أن تراعى إبان عملية ما ، ولتكن الوزن مثلاً ، فلا نحسب حساباً مثلاً للريح أو لدرجة الحرارة : — وقد يكون الفساد من الجهاز نفسه بسبب عوامل أثرت فيه من تأكسد أو تجميع .. إلخ . — وقد تنشأ الأخطاء ثالثاً من عدم مراعاة الوقائع كما هي ، وذلك بأن نتوهم وقائع معينة ليست موجودة في الأصل ، ونحسب أنها هي الوقائع الحقيقية مع أنها أغلب ما تكون أوهام صادرة عن طبيعة جهازنا النفسية — فلكل منافي تأثره بالظاهرة الخارجية نوع من رد الفعل ، له منحنى معين خاص بكل شخص على حدة ، وهو ما يمتنع

عادة باسم « المتساوية الشخصية » *équation personnelle* ويقصد بها درجة التأثير الناشئة عن رد الفعل عند شخص معين بإزاء ظاهرة ما ، ففي المسائل الفلكية مثلاً ، لملاحظة ظاهرة ما من أجل تعيين الزمان ، قد يتأثر الشخص تأثراً مختلفاً عنه في شخص آخر ، ولهذا يجب أن نستبعد هذه المتساوية الشخصية ، وذلك بأن نقلل جانب التأثير الإنساني قدر الإمكان . ومن هنا يلجأ العلم شيئاً فشيئاً إلى الاستعاضة عن الإنسان بالأجهزة والآلات . فبدلاً من أن يقوم الإنسان بالتقدير والتسجيل تقوم الآلات بهذا . ففي بعض المراسد تستعمل عادة طرق التسجيل ناشئة عن الخواص المتعلقة بالخلايا الكهروطيسية . فبهذا نستطيع أن نلنى المتساوية الشخصية ، بعد أن كنا نفتقر إلى تقديرها أولاً ، وهو تقدير تقريبي . باستمرار لتعذر تعيين الثوابت نظراً لكثرة المتغيرات . — ورابعاً قد تنشأ الأخطاء في الملاحظة بسبب عدم العناية التي توجه إلى ظاهرة بالذات من أجل ملاحظتها ، فعلياً أن نغنى دائماً بتوجيه كل انتباه إبان الملاحظة ، وذلك حتى لا نفعل شيئاً من الأشياء ، وحتى لا نهمل في تقدير أى عامل ، أو نخطئ في معرفة مقدار ماله من أثر في إحداث الظاهرة .

ويجب أن يلاحظ فوق ذلك ، الأخطاء العديدة التي منشؤها أن العقل لا يمكن أن يُعد سلبياً في حالة التأثير بالظواهر الخارجية ، لأنه في التأثير يخضع لما يلي :

أولاً : الاختيار ؛ ذلك أن العقل في ملاحظته للظواهر لا يلاحظ منها إلا ما يتصل بحاجاته الخاصة ، لأنه ليس مجرد حب استطلاع مطلق ، ولكنه حب استطلاع من أجل إفادة الحاجات العملية ، أو العقلية ، أى إفادة حاجة ما على أية حال . ولهذا نختار دائماً من بين الظواهر الخارجية ما يتفق مع اتجاهاتنا وأغراضنا .

ثانياً : اخلط بين الفكرة والواقعة ، أو الحقيقة والواقعة ؛ ذلك أن الوقائع لا تظهر كما هي بل سرعان ما نحيلها نحن إلى حقائق أو أفكار مجردة عقلية ، لعلها أن تخلق خلقاً ، ولا أصل لها من الواقع في كثير من الأحيان . فليس العقل تلك الآلة الشمسية (الفوتوغرافيا) التي زعمها كلود برنار . بل إن العقل يحيل دائماً ما يراه من وقائع إلى حقائق مجردة وأفكار .

وقد لا يكون لتلك الأفكار أى أصل في الخارج فتكون من خلقه هو . ومن الشواهد على ذلك ما زعمه أحد الفزيائيين سنة ١٩٠٣ من أنه اكتشف ما سماه بأشعة Ed. Le Roy إنه لا فارق ، في الواقع ، بين الفكرة وبين الواقعة ، أوهامه حاول أن يخدع به الآخرين ، وأصبح لذلك الوهم تاريخ معروف . لهذا يقول لبروا Ed. Le Roy إنه لا فارق ، في الواقع ، بين الفكرة وبين الواقعة ، لأننا نخلق الفكرة والواقعة معاً ، وكل واقعة نحيلها نحن إلى فكرة لأننا لا نستطيع أن ندركها إلا على هذا الأساس .

وثالثاً : نحن قد نفعل في كثير من الأحيان ما يسميه سيكون باسم الوقائع الممتازة وتتعلق بوقائع أخرى عرضية غالباً ، ولا تستطيع إذن أن تؤدي باستقرائها إلى القانون المطلوب إيجادها . — ذلك أن الوقائع على أنواع ، كما صنفها سيكون ، فهناك أولاً الوقائع المكشوفة ostensifs وهي تلك التي تبدو فيها الظاهرة أوضح ما تكون : فظاهرة تمدد الأجسام بالحرارة تظهر بوضوح في الأجسام الصلبة أكثر من وضوحها في الأجسام السائلة أو الغازية . والوقائع المستترة clandestins وهي لا تبدو بوضوح ولكنها مع ذلك حقيقية ويجب أن نراعيها ، وذلك مثل حركة الأميبا . ثم الوقائع المنحرفة déviateurs وهي تلك التي تنحرف عن أحوال مطردة ، وتكون ما يسمى باسم « الأحوال

المرضية « كما يظهر خصوصاً في الأمراض الباطنة أو في تركيب الأجهزة المختلفة في الأجسام العضوية المختلفة . ثم الوقائع المتماثلة ، وهى التى تكشف لنا بواسطة التماثل عن خواص لا يمكن كشفها إلا بصعوبة بطريق مباشر ، فستطيع أن نفهم مثلاً وظيفة الخياشيم فى السمك بمائلتها بالرئة فى الإنسان . ومنهج المماثلة من أخصب المناهج هو ومنهج التوافق ، فى المسائل العضوية . — ثم الوقائع المتنقلة *itinérants* : فإذا أردنا أن نبحث فى تطور الكائن الحى من الحيوانات الدنيا إلى الإنسان أو إذا وضعنا كل إنسان على حدة فى داخل نوعه ، فالوقائع هنا تسمى وقائع متنقلة ، فهى تبين كيفية تطور الكائن ومراحل هذا التطور .

فبراعاتنا لكل هذه الأنواع والوقائع نستطيع أن نقبين ، بوضوح ، الظواهر المختلفة ، والأسباب المولدة لها . ولكننا غالباً لا نلجأ إلى الوقائع الممتازة ، ونقتصر على الوقائع العرضية مما يقلل من قيمة الملاحظة .

غير أنه لا يمكن عدّ هذه العيوب ، عيوباً فى الواقع — فى كل الأحوال — فقد يفيد أولاً أن تقتصر على بعض الظواهر دون البعض الآخر ، لكي تتم الدراسة بشكل أوفى وأتم . وثانياً أنه ليس فى وسع الإنسان أن يتعلق بكل الظواهر أياً كانت ، كما أن الأصل فى العلم هو أن يكون مشاركة من جانب الإنسان فى الطبيعة . فمن الضروري أن يكون هناك خلط بين الوقائع والأفكار ، أى بين ما يأتى من الخارج وما يأتى من النفس . فليس لنا أن نتوقع أن تبنى الشهادة بكل هذه الشروط التى ذكرناها . ويضاف إلى هذا أيضاً إغفال بعض الحقائق أو الوقائع التى وصلنا إليها ، نظراً لما نعتقده حينئذ من عدم أهميتها ، ولكن هذا الإغفال كثيراً ما أدى إلى عدم اكتشاف كثير من الوقائع المهمة : فقد حدث مثلاً بالنسبة إلى اكتشاف أنواع البكتيريات أن بعض العلماء القرنين

تبينوا في أغنام ماتت مختنقة بواسطة الكربون أن هناك عصيات bacilles في دم هذه الأغنام ، ولكنهم لم ينتبهوا إليها حتى إذا ما جاء باستور تبين له أن هذه البكتريات هي السبب في موت الأغنام . — فعدم اعتبار هذه الظاهرة مع أنها لوحظت قد أدّى إلى عدم اكتشاف هذا العامل الجوهرى في الفساد أو العفونة التي تحدث للكائنات الحية ؛ ومن الأمثلة على ذلك أيضاً عدم تنبه أمير لخاصية التوصيل الكهربى ، وهى الخاصية التى أقيم على أساسها فيما بعد الدينامو وأنواع المحركات الكهربائية المختلفة . فاكشافات أمير كانت كفيلة أن تؤدى به إلى خاصية التوصيل الكهربى ، ولكنه لم يكتشفها ، ولذلك لم يعرف كل هذه الآلات المتعلقة بتوليد القوى الكهربائية .

والخلاصة أننا يجب أن نخضع الملاحظة لشرائط تتعلق : أولاً بالشخص ، وتعلق ثانياً بالأجهزة ، وتعلق ثالثاً بطريقة دراسة الظواهر المختلفة التى تتصل بواقعة ما — فإذا استطعنا الوفاء بهذه الشروط ، بنيت الملاحظة على أساس متين . ولما كان التجريب ما هو إلا نوع من الملاحظة المستتارة ، فإن هذه الشروط التى ذكرناها بالنسبة لهذه الملاحظة تنطبق أيضاً على التجريب .

التجريب : والتجريب إنما يبدأ حينما يكون لدينا فرض ونحاول بعد هذا أن نحققه ، وعلى ذلك نستطيع أن نعزل التجريب عن الملاحظة ابتداءً من فكرة الفرض . فأول ما يجب دراسته فى التجريب هو كيفية تكوين الفروض . وتتلو ذلك بأن نبحت فى تحقيق الفروض ، ثم فى استخراج القوانين المختلفة بعد استقرارنا لفروض عديدة حتى نصل إلى وضع النظرية ، ثم الفروض العامة التى تخضع لها مجموعات معينة من النظريات المتعلقة بميدان ميدان من ميادين البحث العلمى .

لغرضه : تكوين الفروض يخضع لمقاصد معينة ، على حد تعبير ماخ فى

كتابه « المعرفة والخطأ » : فهذه المقاصد أو : رافع على أنواع عدة . يجب أن يبدأ البحث في الفروض بالبحث فيها ، حتى يمكننا أن نتبين كيف يمكن بالتسبة إلى مجموعة من الظواهر المشاهدة ، أن نستخرج القانون العام الذى بواسطته قد يكون فى وسعنا أن نفسر ظاهرة ما من الظواهر ، لأن الإنسان فى وضعه للفروض يخضع لعوامل عدة تتصل بنوع العلم الباحث فيه ، ثم بالنظام التحليلى الموجود فى ذهنه ، والذى يقبل بواسطته على الظواهر الخارجية من أجل تحليلها — كما يخضع ثالثاً لعدد الظواهر الخارجية التى يدرسها ، وما بها من تنوع ، والدرجات المختلفة لهذا التنوع فى الظواهر ، مما يجعل إمكانية الفرض تتفاوت وفقاً للظروف المختلفة للوقائع .

الفرض إذن على حد تعبير ماخ ، تفسير موقت لوقائع معينة ، لا يزال بمعزل عن امتحان الوقائع ، حتى إذا ما امتحن فى الوقائع ، أصبح من بعد إما فرضاً زائفاً يجب أن يعدل عنه إلى غيرد ، وإما قانوناً يفسر مجرى الظواهر . واتخاذ الفروض لم يصبح منهجاً علمياً معترفاً به : إلا فى القرن التاسع عشر ، بفضل أبحاث Whewell ثم كلود برنار Claude Bernard . ذلك أن الداعين إلى المنهج العلمى فى مستهل العصر الحديث ، حينما رأوا ما أدت إليه الفروض الواسعة المجازفة المجانية التى كان يفترضها رجال العصور الوسطى من دون قيام على أساس من الوقائع ، أو محاولة للتفسير الوضعى الحقيقى ، قد أرسلوا تحذيرات حارة ضد استخدام الفروض .

فيكون قد نصح دائماً بالاعتماد على الوقائع وحدها ، دون افتراض أى فرض . وديكارى كذلك قد نصح بأن لا يبدأ المرء عن معان سابقة ، حتى لا تقوده هذه المعانى إلى افتراض ما ليس بموجود . فاستمرت القاعدة الرئيسية السائدة عند هؤلاء . إلى النصف الثانى من القرن التاسع عشر ، هى التحفظ فى استخدام

الفروض إلى أقصى حد ، وإن أمكن : تجنب استخدامها إطلاقاً . لكن تبين خصوصاً بفضل أبحاث كلود برنار أن للفروض قيا خاصة في استخراج القوانين التي يجب أن تفسر على أساسها الظواهر ، فأشاد باستخدامها ونصح بذلك ووضع القواعد لها ، ثم أتى من بعده Whewell ، ثم أرنت ماخ ، ثم كل هؤلاء الذين بحثوا الشروط التي يتم فيها الاختراع في العلم ، مثل Picard و Naville و أرنت ماخ ، فبينوا الأحوال التي تنشأ عنها الفروض ، والشروط التي يجب أن تتوافر من أجل إنتاج فروض جيدة . فعلى هذا إذن أن نقسم البحث الآن إلى ثلاثة أقسام رئيسية :

١ - نشأة الفروض . ٢ - شروط الافتراض . ٣ - نقد الفروض .

١ - نشأة الفروض :

أما فيما يتصل بنشأة الفروض ، فإن هذه تقوم على عوامل خارجية وأخرى باطنة . أما العوامل الخارجية فأولها أن يبدأ الإنسان من واقعة ملاحظة في التجربة الجزئية ، ويفكر فيها ، وابتداء من هذه الواقعة يحاول أن يفترض ما عسى أن يكون القانون الذي تخضع له هي وأمثالها . وقد رأينا عند كلامنا عن قانون سقوط الأجسام عند جليليو ، كيف أنه ابتداء من ظاهرة أو واقعة بسيطة مشاهدة ، هي ازدياد الإسراع كلما اقترب الجسم من الأرض ، فأدى به هذا الذي شاهده إلى افتراض قانون يمكن أن تسير عليه الأجسام في سقوطها .

وثانياً : قد تنشأ الفروض من مجرد الصدفة ، فكثيراً ما يقع الإنسان على ظواهر تهديه إلى وضع فرض ، دون أن يكون قد قصد إلى ذلك فعلاً . ونحن نعرف مثلاً ما حدث بالنسبة إلى نيوتن ، وما حدث أيضاً بالنسبة إلى جليليو ، ففي كل هذه الأحوال المختلفة وصل العالم عن طريق المصادفة البحث إلى فرض الفروض .

وثالثاً : قد يدعونا إلى افتراض الفروض مجرد إجراء تجارب للرؤية ، كما حددنا هذا اللفظ من قبل ، في إجراء كثير من التجارب ، وبالتعديل في هذه التجارب قدر المستطاع ، وبتنوع الأحوال المختلفة التي تجري فيها هذه التجارب ، دون أن نكون مسوقين بفرض معين ، نستطيع أحياناً أن نصل إلى وضع فروض قد تتحقق فيما بعد . فمثلاً حينما بحث كلود برنار في مادة الكورار *curare* — وهي مادة كان من المعروف أنها سامة قاتلة ، ولكن لم يكن معروفاً لماذا هي قاتلة ، والكيفية التي بها تقتل — أنشأ عدة تجارب ، بأن حقن كثيراً من الحيوانات بهذه المادة ، ثم كشف عن الأحوال التي يتم فيها موتها ، فوجد أن هذه المادة تقتل الأجسام الحية ، بشل الأعصاب المحركة . وكذلك الحال أيضاً في التجارب التي قام بها روبرت كوخ *R. Koch* مثلاً ، فقد أقام عدة تجارب على قتران ، من أجل معرفة تأثير بعض العصيات *bacille* أو (البسلات) وبواسطة هذه التجارب المتعددة استطاع أن يعرف الأصل في مرض الكوليرا والأحوال التي يتم فيها حدوثه .

تلك إذن على وجه العموم ، العوامل الخارجية التي تدعو إلى فرض الفروض . والعوامل الداخلية أخطر من هذه بكثير . ذلك أن العوامل الخارجية ليست إلا مجرد فُرَص ومناسبات لوضع الفرض ، ولا يمكن بأي حال من الأحوال أن تكون شروطاً كافية للافتراض ، فأكثر الظواهر التي شاهدها كبار العلماء ، وأقاموا عليها فروضهم العلمية ، يشاهدها كل الناس كل يوم ، دون أن يثير ذلك أدنى انتباه فيهم ، فظاهرة سقوط الأجسام مثلاً ، ظاهرة مشاهدة في كل دقيقة وعند كل إنسان . ومع ذلك لم يصل أحد قبل نيوتن إلى وضع قانون الجاذبية .

فالأمر يتوقف في هذه الحالة على العوامل الباطنة ، أي على الأفكار التي

تثيرها الظواهر الخارجية في نفس المشاهد . والمهم في هذه الحالة هو أن يحيل الإنسان المشاهد هذه الظواهر إلى وقائع وأفكار علمية يكون من مجموعها قانوناً أو نظرية ، وهذا إن يتم إلا بواسطة وضع فكرة من شأنها أن تفسر هذه الظواهر . ولكن على أى نحو يتم هذا التفكير في العوامل الخارجية ، أو الظواهر للملاحظة ؟

هنا أيضاً نستطيع أن نحدد عوامل ثلاثة يتم فيها تأثير الأحوال الباطنة أولها ما يسميه كلود برنار باسم العاطفة الذاتية وهى الشئ الخاص الذى يعنينا نفرض بنوع من الوجدان أو العيان الحدسى ما عسى أن يكون القانون الذى عليه تجرى الظاهرة . فكلود برنار يقول إننا لا نستطيع أن نضع قواعد للاختراع فى العلم ولا أن نعلم القواعد التى يمكن أن تراعى فى إنشاء الفروض بحيث نأتى بفروض جيدة لأن هذه مسألة فردية خالصة ، إنما القواعد التى نستطيع أن نضعها هى تلك المتصلة بما يتلو وضع الفرض . أما قبل وضع الفرض ، فالأمر يتعلق بشئ ذاتى ، بعاطفة تلقائية ، بنوع من الوجدان الذى يحمل الإنسان على تصور فرض ما لتفسير الظواهر المشاهدة .

ومع هذا فيجب أن نلاحظ ثانياً أننا لسنا هنا بإزاء نوع من الإلهام أو من الوجدان الصوفى ، بل يجب أن يسبق هذا الافتراض ما سميناه باسم النظام الحلل أو التحليلى الذى يوجد فى عقل كل عالم والذى يهديه خلال هذه الظواهر إلى توهم القانون الصحيح الذى يمكن أن تفسر على أساسه . فنحن هنا بإزاء ما يمكن أن يسمى باسم « التوهم » أى اكتشاف العلة الحقيقية بطريقة لا تسير على أساس البرهان المنطقى أو لا تبدأ من الظواهر مباشرة . وهذا التوهم يتم بمران طويل وبإعداد يتعاقب بالنظام التحليلى لكل عالم على حدة ، وهو نظام ينشأ وفق الممارسة الطويلة لعم معين أو لقدرة هائلة على تخيل القاعدة الصحيحة لظاهرة ما من الظواهر .

وثالثاً يجب أن يلاحظ من ناحية أخرى أن الفرض قد ينشأ في أحيان كثيرة من مران طويل ، وعمل شاق تقوم به شيئاً فشيئاً بتعدد التجارب ، وتنوعها ، ثم يأتي الفرض في النهاية كخاتمة لهذه التجارب والملاحظات الكثيرة . فكلر مثلاً قد وصل إلى قانون الأفلاك الذي يقول بأن الكواكب تدور في مدار اهليلجي الشكل بعد أن اقترح تسعة عشر فرضاً . وعلينا في هذه الحالة أن نقوم بنقد دقيق للفروض شيئاً فشيئاً وألا نعتمد على مجرد الإلهام العادي أو الخواطر السانحة بل يجب أن نستمر طويلاً في إجراء التجارب للرؤية دون أن نقيم أى فرض إلا في اللحظة التي نشعر فيها بأن الظواهر كافية في هذه المرحلة للايعاء بفرض يمكن أن يكون مقبولا أو مردولا . وهنا يجب أن نضيف ما يسمونه باسم مقاصد الافتراض leitmotifs أى الأحوال الباعثة على افتراض الفروض .

ويجب أن نميز هنا بين الأحوال الباعثة على وضع الفروض أيّاً كانت ، وبين الأحوال الباعثة على وضع فروض جيدة : فالحالة الأولى شخصية ولا يمكن أن نضع لها قواعد وملاحظات تتصل بسيرها ، أما الحالة الثانية فيمكن بسهولة أن نضع لها القواعد . هذه المقاصد أو البواعث أو العوامل المؤدية إلى وضع الفروض الجيدة هي أولاً الجبرية déterminisme العلمية ، ويقصد بها أن يفترض الإنسان دائماً أن الظواهر تخضع لجبرية دقيقة وأن علينا أن نفترض هنا أن الظواهر تتسلسل وفقاً للعقدة العلمية nexus causale فهنا يحدد الميدان الذي يمكن أن نضع فيه الافتراض فلا نلجأ إلى تلك الفروض الخيالية الزائفة التي كان يلجأ إليها في العصور الوسطى ، بل كان كلراً أيضاً يلجأ إليها في افتراض الفروض ، فإنه حين أراد أن يفسر الانتظام في سير أفلاك الكواكب افتراض وجود ملاك حاد سماه باسم angelus rector مرتبط بكل فلك ، هو الذي يجعله يسير بطريقة منتظمة .

وثانياً الماثلة . — ومنهج الماثلة analogie من أخطر المناهج المقيدة في إيجاد الفروض وذلك بأن نفرض أن ثمة تماثلاً وتوافقاً بين الظواهر المختلفة في الممالك الكونية المختلفة أو في داخل الأنواع المختلفة لجنس واحد ، خصوصاً في مملكة الأحياء . فنستطيع أن ننقل من أحوال مشاهدة بالنسبة إلى نوع حيوانى معين إلى ظواهر أخرى مماثلة بالنسبة إلى نوع آخر فنطبق ما يجرى مثلاً على القتران أو الأرباب أو الضفادع — على الإنسان .

وثالثاً الاتصال continuité فنفرض دائماً أن في الطبيعة اتصالاً وأن الطبيعة على حد تعبير لينتس لا تقوم بالظفرة ، فمثلاً حينما نريد أن نعرف كيفية إحداث ظاهرة من الظواهر الضوئية أو الكهربائية فيجب أن نفرض التوصيل من المولد الكهربى إلى الشيء الذى حدثت فيه الظاهرة الكهربائية ، كما يشاهد مثلاً في الأعمدة الكهربائية .

ورابعاً يمكن أن نعدّ من بين العوامل المؤدية إلى وضع الفروض الصحيحة اعتبار أن الطبيعة في كل أحوالها تخضع لظروف معينة واحدة وأن هذه الظروف تتكرر في أحوال عدة مختلفة وإن كان هناك أحياناً نوع من الجودة في ظروف دون ظروف أخرى ، فبافتراض وجود الاطراد في نظام الطبيعة نستطيع أن نقوم بكثير من الفروض التى قد تتحقق فيما بعد . فهذه الأفكار العامة من جبرية ومماثلة واتصال واطراد تحدونا إلى وضع فروض صحيحة .

والفروض بعد هذا على نوعين ، فهناك فروض جزئية هى المتعلقة بأحوال معينة لأحداث معينة ؛ وهناك فروض عامة ، وهذه الفروض العامة تنقسم بدورها إلى قسمين : مبادئ ، ونظريات . أما المبادئ فهى الروابط العامة التى تربط بين جملة قوانين ، أما النظريات فهى الصيغ العامة التى تفسر بواسطتها طائفة أو أكثر داخلية في نظام واحد من الظواهر .

٢ - شروط الفرصة :

وعلينا الآن أن نحدد الشروط التي يجب مع ذلك أن نراعيها في وضعنا للفروض لأن وضع الفروض وإن كان يتم في أحوال شخصية ولأسباب تتصل بطبيعة العالم الباحث، فإن الفروض الصحيحة يمكن مع ذلك أن توضع لها قواعد يجب مراعاتها حتى تكون قائمة على أساس صحيح أو على الأقل قابلة لأن تكون محتملة بواسطة التجارب المحققة . وأول هذه الشروط أن يتم الفرض ابتداء من واقعة معينة ملاحظة فلا يبدأ من تخيلات ولا من مجرد الربط بين أفكار من أجل تكوين فرض ما . أجل إن الفروض التي لا تبدأ من وقائع مشاهدة فعلا قد تجددى في أحيان كثيرة ، بل هذا نوع من الفرض يجب النصيح دائماً باستخدامه من أجل أن يكون ممارسة للقوة الافتراضية في الانسان - لكن ينبغي مع ذلك في وضعنا للفروض أن نحاول قدر المستطاع أن نبدأ من واقعة معينة .

وثانياً : يجب أن يكون الفرض مما يقبل أن يتحقق فلا نندفع وراء الفروض الخيالية السخية التي قد تدل على عمق الوجدان أو اتساع النظرة ، ولكنها لا تنفع في الواقع ، ولهذا فبمجرد وضع فرض يجب أن نحاول تحقيقه بأسرع ما يمكن حتى نتبين ما إذا كان من الممكن تحقيقه أو ليس من الممكن ذلك .

وثالثاً : يجب أن يكون الفرض خالياً من التناقض فلا يبدو مناقضاً لوقائع معروفة . ولكن هذه الفكرة أحياناً ما تؤدي إلى نوع من التكاسل أو إلى نبذ فروض قد يظهر فيما بعد أنها صحيحة ، فمثلاً عدم الاشتراك في المقدار بين الوتر والضلع في المربع قد بدا للفيثاغوريين في البدء كشيء فاضح لما كادوا ينبذونه ؛ وكذلك نجد أغلب الفروض الجريئة التي تثير ثورة في العلم ، قد بدأت في أول الأمر وكأنها نوع من الجنون أو الافتراض العقلي الخالص كما هو ظاهر مثلاً في

نظرية التحول التي قال بها لامارك فقد نعتها Geoffroy Saint-Hilaire بأنها مجرد حق ، وكذلك فرض التطور لدارون قد قوبل بكثير من السخرية ، بوصفه فرضاً وهمياً .

والشرط الثاني — وهو المتعلق بوجود إمكان تحقيق هذا الفرض تجريبياً — لا يقصد منه أن يتيسر هذا التحقيق التجريبي بطريقة مباشرة . فإنه إذا لم يتيسر ذلك بالطريق المباشر ، استطعنا أن نلجأ إلى طريق آخر غير مباشر هو أن نستخلص بواسطة الاستدلال أشياء تتوقف على صحتها صحة الفرض ، فإذا ما ثبتت صحتها ثبتت بالتالي صحة الفرض . فكما رأينا مثلاً قانون سقوط الأجسام عند جليليو حينما لم يستطيع جليليو أن يبرهن على الفرض الذي افترضه أولاً بطريقة مباشرة اضطر أن يستنتج قضايا أخرى ضرورية استطاع أن يبرهن عليها ، فيسر له ذلك أن يبرهن على الفرض الأصلي . ومن هذا يظهر أن الاستدلال أى المنهج الاستدلالي يدخل كجزء رئيسي عضوي في داخل المنهج التجريبي ، كما أنه يدخل في أحوال أخرى كثيرة سنفصل أمرها فيما يتلو .

أما من ناحية الشرط الثالث وهو الخاص بعدم التناقض فنستطيع أن نضيف إلى ما تقدم بالنسبة إليه أن هذه الفكرة ، فكرة عدم التناقض ، يجب ألا نلجأ إليها من أول الأمر فلا نعتقد أن مجرد التناقض الظاهر بين الفرض الجديد وبين الحقائق الثابتة من قبل أو الملاحظات المزعومة أنها صادقة من قبل ، مدعاة إلى نبذ الفرض واطراحه نهائياً . وفضلاً عن هذا ، فقد يجوز أن تكون الأشياء الثابتة من قبل هي الباطلة بينما الفرض الجديد هو الصحيح ، خصوصاً إذا لاحظنا أن الصحة في العلم مسألة نسبية إلى أقصى حد . فليس في العلم حقائق ثابتة إطلاقاً ، بل الأمر يتوقف على درجة تطور العلم ، وليس لإنسان بعد هذا أن يقول إن هذا الفرض

لا يمكن أن نبحث فيه لأنه يتنافى مع كذا أو كذا من القضايا العلمية الثابتة بل يجوز لنا بعد هذا أن نمتحن صحة الثبات المزعوم لهذه القضايا ؛ ومن هذا كله قد نصل إلى إثبات الفرض الجديد وتعديل الحقائق الثابتة وفقاً لهذا الإثبات . وعلى كل حال فيجب أن لا نفتكر كثيراً بفكرة التناقض فنزعم بأن في مجرد التناقض إيذاناً بأن الفرض الجديد هو الباطل .

وقد حدث هذا خصوصاً بالنسبة إلى كثير من النظريات الموغلة في التجديد والمحدثثة لثورات جديدة كما يظهر مثلاً بالنسبة إلى نظرية النسبية في هذا القرن فإنها وإن كانت فرضاً لا يتفق مع ما أتت به نظرية الجاذبية الكلية عند نيوتن فإن هذا لم يمنع أو لم يكن من الواجب أن يمنع من البحث في الفرض الجديد لعله يؤدي إلى نتائج جديدة من شأنها على العكس من ذلك أن تعدل في نظرية الجاذبية الكلية لنيوتن .

٣ - نقد الفرض :

ويتصل بهذا مباشرة مسألة نقد الفرض ، وهذه المسألة قد قامت خصوصاً كأثر رجعي من آثار احتقار الفروض الذي كان شائعاً في القرنين ١٧ و ١٨ ، فإن قول نيوتن *hypotheses non fingo* أى « لا أفترض الفروض » قد جعل كثيراً من العلماء ينظر بعين الحذر الشديد إلى استخدام الفروض . وكانت نصائح يكون مؤثرة بدورها في اطراح كل فرض . ولكن جاء القرن ١٩ فأراد أن يسترد للفروض مكانتها الأولى ولكن مع تحفظات شديدة من شأنها أن تتلافى كل هذه النقائص التي قال بها خصوصاً الافتراض . وهذه التحفظات أولها أن الأصل أن لكل إنسان أن يفترض ما يشاء وأن الافتراض عامل ضرورى لا غنى عنه لتحصيل العلم وأن قول نيوتن هذا قد فسر على غير وجهه فإن السياق

الذى وضع فيه هذا القول فى كلام نيوتن كان سياق رده على الديكارتيين الذين أخذوا عليه — ولم يكونوا على حق — أنه قد أتى فى قوله بالجاذبية بفرض يكاد أن يتشابه تماماً مع فروض رجال العصور الوسطى المتصلة بالخواص السرية للأشياء مما كانت فروضاً زائفة كلها ، فقال إننى هنا لم آت بفرض وأنا هنا لا أفترض فروضاً بل أسير وفقاً للقواعد . فبتر هذه العبارة من هذا السياق هو الذى ألهم الذين عزوا إلى نيوتن أنه ينكر استخدام الفروض ، هذا القول . والحقيقة أننا لا نستطيع أن ننكر ما للفروض من قيمة وإلا أنكرنا ما للخيال المبدع من قيمة وأنكرنا بالتالى إيجاد عوامل هادية وأفكار حادية للإنسان إبان البحث . فللإنسان أن يفرض بل له أن يفرض ما يشاء بل له أن يفترض أيضاً وجود عالم خيالى مثل الأطلانطيد التى غاصت فى قاع المحيط ، أو تصور عصور ذهبية كانت فيها الإنسانية على نحو غير النحو الذى هى عليه فى الوقت الحالى . وإنما الخطأ يأتى هنا من أن هذه الفروض أحياناً تكون عقيدة فلا يمكن أن تتحقق كما لا يمكن أن توحى بشىء آخر من شأنه فيما بعد أن يتحقق . فالعامل المحدد لقيمة الفروض أياً كانت ضآلتها هو خصبها ؛ فإذا كانت فروضاً خصبة أنتجت نتائج حقيقية ، وفى هذا يقول بيرس Peirce إن حقيقة أية نظرية إنما تقوم على الآثار والنتائج التى تقدمها . وعلى هذا فقد يكون أو قد كان بالفعل لكثير من الفروض أهمية هائلة فى إيجاد نظرية جديدة ، فمثلاً افترض أهمية العدد ٧ قد جعل البابايين والقيثاغوريين يقولون بوجود نجم سابع ، بحثوا عنه فوجدوه أخيراً وهو نجم المريخ .

إذ يجب أن يلاحظ هنا أنه إذا كانت القضايا الصادقة لا تنتج إلا قضايا صادقة ، فإن القضايا الكاذبة قد تنتج قضايا صادقة ، وعلى هذا فعلىنا أن نجرب الفروض أياً كانت ثم نحاول أن نحققها أو أن نستخلص منها نتائج يمكن فيما بعد

أن تطبق عملياً . وإنما الاحتياط الذى يجب أن يستخدم هنا هو الاحتياط المتصل بتحقيق الفروض فى الواقع بواسطة التجريب . ذلك أن تحقيق الفروض شاق طويل يحتاج إلى كثير من النفقات ، خصوصاً الفروض المتعلقة بمسائل حيوية قد تحتاج إلى وقت طويل لكي تتحقق ، مثل الفروض المتصلة بالنمو والوراثة أو التكاثر . كما أن ميزانيات المعامل ضئيلة كل الضالة ، ولهذا يجب أولاً أن نختار من بين الفروض الممكنة أقربها إلى التحقيق تجريبياً وأقلها نفقات ، وكخطوة تمهيدية لتجريب الفروض الواسعة يحسن بنا أن نعتمد على ما يسميه « مانح » باسم التجريب العقلى فهو يوفر علينا كثيراً من النفقات ومن الوقت ، وقد رأينا فى واقع التاريخ أن هذا التجريب العقلى قد أفاد فى هذه الناحية كثيراً . ومن الأمثلة المشهورة عليه جليليو فى اكتشافه لقانون سقوط الأجسام ولبعض مسائل أخرى فى الفلك .

وإذا كنا لا نذهب إلى ما يذهب إليه رنيانو من أن التجريب العقلى هو الأصل فى كل برهنة ، فما لا شك فيه أن للتجريب العقلى أثراً هاماً فى الاقتصاد فى الفكر ، وفى أن نجري فى الفكر ما لا يتيسر إجراؤه فى الواقع العملى .

ولهذا يجب إذن ألا نأخذ بأقوال « كونت » وسخريته مما يسميه باسم الفروض الميتافيزيقية ، فيذه كلمة لا معنى لها فى هذا الباب ، كما أنها مبسطة عن إجراء الفروض التى قد يتيسر فيما بعد تحقيقها تجريبياً . وكمن من الفروض التى بدت من قبل خيالية قد تحققت بعد ذلك بأزمان !

تحقيق الفرص :

والخطوة التالية بعد فرض الفروض ثم نقدها أعنف نقدهى أن نقوم بعملية تحقيق الفرض . وهذه العملية تشمل التجريب بالمعنى الدقيق كما تشمل الروح العامة

التي يجب أن تسود كل تجربة . فانبداً بالحديث عن هذه الروح العامة للمنهج التجريبي إبان تحقيق الفروض فنقول إنه ينقسم قسمين : منهج سلبي أو استبعادي — وفيه نقوم بتحديد نطاق أو مجال الفروض فنفترض ما يمكن افتراضه من أجل تفسير ظاهرة من الظواهر ثم نستبعد ما من الفروض لا يتفق يقيناً مع الحقائق المسلم بها من قبل ، أو القوانين الثابتة ، والقوانين الثابتة هي القوانين التي لا مجال بعد — على أصح الآراء — للشك فيها ، مثل أن سرعة الضوء أكبر من سرعة الصوت ، أن الأجسام تتمدد بالحرارة وهكذا . . . إلى آخر الحقائق التي كادت أن تكون حقائق أولى . ويتصل بهذا المنهج السلبي ما يسميه كلود برنار باسم منهج برهان الضد أو شاهد النفي (كما يقول رجال القانون) *contre-épreuve* و *témoin à charge (contraire)* وهذا المنهج معناه أن نأتي ببرهان مضاد على الحالة التي أثبتناها إن أمكن ، ففي امتحان العكس نوع من إثبات الأصل ، ويتصل به أيضاً ما يسمى باسم التجريب على بياض *à blanc* وذلك بامتحان الأجهزة في الأحوال العادية أو الأوزان بحسب المعايير النموذجية كامتحان الترمومتر في درجة حرارة منتظمة ، أو البارومتر في مستوى سطح البحر ، أو الميزان بوضع ثقليين متساويين نموذجيين في كلتا الكفتين .

ثانياً : المنهج الإيجابي — وفيه نحاول أن نثبت صحة الفرض في كل الأحوال المتغيرة الممكنة بأن ننوع في الظروف ونطيل في التجربة ونغير أيضاً في الأشياء المستعملة لإجراء التجربة . وبهذا التنوع المستمر مع بقاء حدوث الظاهرة أبداً تابعاً لعلّة معينة نستطيع أن نثبت صحة الفرض يقيناً وهذا ما يسمى باسم « منهج التضافر في التفسير » *méthode de concordance variée* الذي عني جوبلو خصوصاً بتفصيل القول فيه . والشواهد على هذا كثيرة في تاريخ العلم ، فنيوتن مثلاً حينما قام بأبحاثه الخاصة بالبندول قد استخدم قضباناً من الفضة والخشب والنحاس وبقية المعادن التي تيسر له استخدامها لكي يبرهن أن الأمر

لا يتوقف على معدن خاص . وكذلك جلياليو في بيانه سقوط الأجسام في تجاربه التي أجراها في ييزه قد استخدم أجساماً من الخجر والذهب والنحاس والعاج الخ . ويتصل بهذا المنهج أيضاً تضافر نتائج القياس العددية بالنسبة إلى ظاهرة ما ، فمثلاً بالنسبة إلى معرفة عدد الجزئيات الموجودة في حجم معين من الغاز يمكن أن نجري ذلك في لزوجة الغاز أو في الحركة البراونية أو في شحنة الأيون Ion أو في النشاط الإشعاعي الراديومي ، أو في نطاق محدد من انبعاث ضوء مثلاً . فنجد من كل هذه الأحوال المختلفة أننا نصل إلى عدد هو واحد تقريباً فنستطيع بهذا أن نحدد مقدار ما في حجم معين من غازات ثم نحدد بعد هذا حركة هذه الغازات .

فمن طريق هذين المنهجين : السلبى والإيجابى نستطيع إذن أن نحقق الفرض . وهنا وبعد بيان هذه الروح العامة لتحقيق الفرض تبدأ عملية التجريب بالمعنى الدقيق . ونقصد بالتجريب هنا بيان أن الروابط التي يعبر عنها الفرض موجودة فعلاً في التجربة وفي ظواهر معينة من التجربة . ومن المعلوم أننا لا نستطيع أن نشاهد القانون عياناً في التجربة الخارجية ، لأن القانون تعبير عن رابطة وإضافة ، والروابط أو النسب تقوم بين الأشياء ولا توجد في الأشياء ، لهذا فإن تحقيق الفرض إنما يتم بالنسبة إلى أحوال جزئية من تجمعها وتضافر القراءات التي تقدمها ، وتوافق النتائج التي ننتهي إليها — نستطيع أن نصل إلى إثبات أن الرابطة صحيحة وبالتالي تثبت صحة الفرض .

أولاً : قواعد ولوحات يكونه :

وضع ليكون القواعد الأولى الحقيقية لإجراء التجريب وسمى مجموع هذه القواعد باسم قنص پان La Chasse de Pan ، ويقصد من پان هنا — وهو كما نعرف إله الطبيعة والبرارى والنباتات والصيد أو القنص عند اليونان — يقصد

الطبيعة الكلية أو الكون . فيكون يريد من وراء هذه القواعد أن يبحث عن الطبيعة بكل ما تحتوى عليه مما يسميه هو باسم الطبائع أى الكيفيات التى توجد عليها الأشياء ، وقنع بان من مميزاته كفاى الميثولوجيا أنه يهيب . لنا اقتناص شوارد من الطيور لم نكن نصد اليها منذ البدء . قنعص بان إذن بدل مجازياً عند يكون على أن هذا القنعص يستطيع أن ييسر لنا اكتشاف أشياء فى الطبيعة لم نكن نفكر قبلا فى اكتشافها ولم نسع قصداً إلى هذا الاكتشاف . ولهذا القنعص مرحلتان : المرحلة الأولى هى مرحلة التجريب ، والثانية هى مرحلة ما يسمونه باسم اللوحات أو تسجيل التجربة .

أما المرحلة الأولى فتشمل عدة أنواع أو درجات أو لاهاتنوع التجربة ، وقد قدم يكون لهذا مثلاً أولاً صنع الورق . فنحن نعرف أو كان هو يعرف أن الورق يمكن أن يصنع من قصاصات الثياب ، فنستطيع أن نفترض بعد هذا هل يمكن أن يستخرج من مواد أخرى مثل لب الخشب . . . الخ . فهذه هى الحالة الأولى لتنوع التجربة وذلك بأن نونوع فى المواد التى تنتج عنها ظاهرة ما . والحالة الثانية أى أن نتصور مصادر أخرى لإحداث ظاهرة من الظواهر ، فنحن نعرف مثلاً ن الماربا المحرقة ardents تستطيع أن تركز أشعة الشمس فنفترض بالمثل هل من الممكن أن تركز أيضاً أشعة القمر . فهذا التنوع المستمر لمواد التجربة أو للاًحوال التى نجرى فيها تجربة نستطيع أن نكشف خواص جديدة لطبائع الأشياء .

ثانياً : إطالة التجربة . وذلك بأن نستمر فى جعل المؤثر ينتج أثره فى الشئ . المتأثر حتى نعلم هل من شأن هذا أن يغير فى طبيعة المتأثر أو أن ينتج ظواهر جديدة . فنحن لو عرضنا سائلاً للدرجة حرارة خفيفة نوعاً ، حدث عن هذا تقطير . وإذا استمررنا فى هذا طويلاً حدث عنه تصعيد ، فمن هذه الإطالة

تأثير المتأثر بالمتأثر قد وصلنا إلى ظواهر جديدة غير التي عرفناها من قبل وكذلك الحال في أنواع الاختبار أو تمدد الأجسام فقد نصل عن طريق التمدد إذا ما ارتفعنا بدرجة الحرارة إلى حد كاف نقول أن نصل إلى درجة الانصهار ، وقد نصل بالنسبة إلى بعض الأجسام بقدر من الحرارة كاف أن نبلغ مرتبة التصعيد.

ثالثاً : نقلة التجربة : فإننا إذا جمعنا المواد والتعليمات والإرشادات الخاصة بصناعة من الصناعات وحاولنا بعد هذا أن ننقل من هذه المجموعة إلى صناعة أخرى ، فإننا نستطيع أحياناً أن نفيد الصناعة الجديدة من تلك المجموعة من الإرشادات المستخدمة في السابقة . فنقلة التجربة معناها إذن أن نحاول أن نطبق على تجربة جديدة أو فرع آخر غير الفرع المطبق فيه مجموع من الإرشادات ما طبق على فرع معلوم من قبل ، لعل هذا يفيد أحياناً في الصناعة الجديدة أو في تحقيق التجريب بالنسبة إلى الظواهر الأخرى .

رابعاً : قلب التجربة : وذلك بأن نحاول أن نقبين أثر العلة في الشيء المتأثر في وضع مقلوب ، فنحن إذا أخذنا مثلاً قضيباً من الحديد وسخنه ، وجدنا أن الحرارة تنتقل من أعلى إلى أسفل ، أكثر مما تنتقل من أسفل إلى أعلى ؛ — أو بتغيير الأوضاع التي تحدث فيها ظاهرة ، بأن نعدل من وضع المتأثر والأثر بعضهما بالنسبة إلى بعض ، لعل أن يكون في هذا نوع من التحسين في التجربة .

تلك هي المرتبة المتعاقبة بالخطوة الأولى . ونحن لو نظرنا فيها لوجدناها في الواقع إرشادات نافعة وإيجاءات خاصة لتحقيق التجربة على أوفى نحو . وهي ليست من نوع القوانين أو اللوائح التي يفرض اتباعها فرضاً أو تصور على أنها قوانين ملزمة أو قواعد ضرورية كما سيزعم مل من بعد فيما يتصل بلوائحه .

أما المرتبة الثانية فهي اللوحات وهي لوحات الحضور والغياب وتفاوت الدرجات . أما لوحة الحضور فيقصد منها تحليل الأحوال العديدة الممكنة

مشاهدتها أو التحقق منها بالنسبة إلى ظاهرات من الظواهر ، وقد ذكر سيكون لهذا مثلاً مصادر الحرارة ، فسر ٢٧٥ حالة فيها تحدث الحرارة ، بعضها غريب كل الغرابة مثل ما يحدث في الشتاء حينما يأتي الانسان فيلبس جسماً بارداً كل البرودة فانه يشعر بما يشبه الاحتراق . ومن الأمثلة التي أوردناها أيضاً الاحتكاك ، الصواعق ، الاختمار ، حرارة الكائنات الحية ، الصاعقة ، أشعة الشمس الخ . فعلى الانسان في لوحة الحضور أن يسجل إذن كل الأحوال الممكنة لحدوث ظاهرة من الظواهر ، والانسان في هذه الحالة كالفائد الذي يفتش فرقة تحت قيادته ليعرف من الحاضرون ومن الغائبون . والمهم في هذا أن يسجل كل هذه الأشياء لأن المهم في هذه المرتبة الثانية من مراتب قنص بان هو التسجيل لا الاعتماد على مجرد المشابهة أو المعلومات المشوهة أو الناقصة ، وعلى هذا فإن مرحلة تسجيل الحضور من المراحل الضرورية جداً ، خصوصاً وأنها تحملاً فيما بعد على الوفاء بشروط التجربة في كل أحوالها ، أو تنويع المصادر قدر الإمكان أو الاستغناء بمصدر عن مصدر آخر حينما يفتقد .

ثانياً : لوحة الغياب ، وليس هذا في الواقع تعبيراً دقيقاً ، إنما التعبير الدقيق أن يقال لوحة الانحراف والغياب . ولا يقصد هنا بالغياب أن يضع الإنسان إحصائية شاملة بالأحوال التي لا تحدث فيها الظاهرة ، فهذا فضلاً عن أنه مستحيل هو قطعاً نوع من العبث ، فمن الذي يستطيع أن يحدد كل الأحوال التي لا تحدث فيها ظاهرة ما ؟ ! وإنما المقصود بعملية الغياب هذه أن تأتي في مقابل كل حالة من حالات الحضور بالحالة التي لا تحدث فيها الظاهرة بالنسبة إلى هذه الحالة عينها ، سواء أكانت حالة الغياب واحدة أو أكثر من واحدة . وعلى كل حال فإن أحوال الغياب بالنسبة إلى كل حالة من حالات الحضور محدودة . وإذا أخذنا المثال السابق الخاص بالحرارة وليكن مثلاً الحرارة الناشئة عن أشعة الشمس

ننظر في الحالة التي لا تتم فيها الحرارة بغياب العنصر الأصلي المولد لها في هذه الحالة وهو الشمس ، وحالة الغياب هنا هي حالة الكسوف أو حالة الليل . وبالنسبة إلى حالة الحرارة في الكائنات الحية ، ننظر في حالة الكائنات الميتة . وهكذا نجد باستمرار أن أحوال الغياب ستكون بهذه الطريقة محددة ولو نسبياً فنستطيع أن نقوم بتسجيل هذه اللوحة .

واللوحة الثالثة والأخيرة هي لوحة تفاوت الدرجات . فلا تقتصر على بيان الأحوال التي تحدث فيها ظاهرة ما والأحوال المقابلة لها مما تغيب فيه هذه الظاهرة بغياب مصدرها ، بل تقوم أيضاً بتسجيل الدرجات المتفاوتة للظاهرة المدروسة ، فمثلاً بالنسبة إلى الكهرباء نقيّن مقدار الكهرباء التي تحدث بواسطة عمود كهربائي والتي تحدث بواسطة مجرد حك ساق من الكهرمان أو بواسطة مولد كهربائي — إلى آخر هذه المصادر المختلفة لتوليد الكهرباء ، فنسجل التفاوت في درجات إحداث الظاهرة درجة درجة حتى يكون لدينا سجل شامل بالأحوال المختلفة لظاهرة من الظواهر . وبهذا يكمل تسجيل الظاهرة وتكون اللوحات وافية بالفرض المقصود منها ، وهو جمع كل ما يتعلق بظاهرة من المعلومات ، لتكوين مجاميع معينة في كل علم من العلوم ، فيتيسر لنا عن هذا الطريق اكتشاف مجموعات من العلوم ما كانت لتكتشف من قبل من مجرد تسجيل الظواهر ودراساتها دراسة منفصلة معزولة .

غير أن الملاحظ على منهج سيكون هذا أنه منهج ليس بالدقيق وإننا لانستطيع أن نقول عنه إلا أنه مجرد نصائح وإرشادات تقدم للمجرب أثناء التجربة أو مجرد إيماءات نافعة تعينه أثناء البحث ، لهذا جاء مل من بعد ، وتبعاً لأبحاث هرشل Herschel ، فأراد أن يكون بالنسبة إلى الاستقراء ما كونه أرسطو بالنسبة للقياس ، حين وضع للقياس أضرباً وأشكالاً .

قد أراد مل هو الآخر أن يضع القواعد أو اللوائح (anons) الضرورية كخطوات لابد منها في المنهج التجريبي لكي يؤدي إلى القصد منه وهو اكتشاف القوانين ببيان أو بإثبات روابطٍ عَاسِيَةٍ بين الظواهر بعضها وبعض . والفارق واضح بين ما يقصده مل وما يقصده بيكون ، فيكون أولاً لم يقصد إلى اكتشاف قوانين ثابتة ضرورية كما يدعى مل ، وإنما هو قد رمى من وراء هذه الإرشادات إلى اكتشاف الطبائع أى خواص الأشياء لا الروابط الموجودة بينها بعضها وبعض . وثانياً لم يحسب بيكون نصائحه نوعاً من البرهنة ، بينما عد مل لوائحه شروطاً أساسية لتكوين البرهان الاستقرائي ، ومن هنا انتقد مل إنتقاداً شديداً في لوائحه لأنها من الضيق والتحديد بحيث لا تسمح مطلقاً بالإفتراق عنها . وعلى العكس من ذلك نجد أن نصائح بيكون كانت واسعة لا تظهر بمظهر الإلزام فكان من اليسير إذن أن يؤخذ بها أو أن يعدل منها وفقاً للحاجات . هذه اللوائح التي وضعها مل Mill تنحصر في المناهج الخمسة التالية : (١) منهج الإتفاق . (٢) منهج الإفتراق . (٣) المنهج المزدوج للافتراق والاتفاق . (٤) منهج البواق . (٥) منهج التغيرات المساوقة

variations concomitantes

والبعض من هذه المناهج قد قال به هرشل من قبل ولكن مع اختلاف واضح يظهر خصوصاً في أن مل قد عد هذه اللوائح قواعد ضرورية كقواعد الاستقراء بالنسبة إلى الاستدلال ، بينما هرشل قد عدّها مجرد فروض وإيماءات وإرشادات لجعل التجربة أكل ما يمكن أن تكونه . كما أنها تختلف اختلافاً واضحاً عما يقصده مل Mill فهرشل يقصد مثلاً من منهج البواق غير ما يقصده مل ، إذ يحسب هرشل أن هذا المنهج هو كمنهج الاستنفاد في الرياضيات مثلاً . وعلى كل

حال فعلينا الآن أن نتحدث عن كل لائحة من هذه اللوائح الخمس (أو الأربع) بالتفصيل مع نقد كل منها على حدة فنقول :

١ — منهج الاتفاق : يقول هذا المنهج إن علينا أن ننظر في مجموعة الأحوال المولدة لظاهرة ما . فإذا وجدنا أن ثمة عاملاً واحداً يظل باستمرار موجوداً على الرغم من تغير بقية السوابق أو المقدمات فمن الواجب أن نعد هذا الشيء الثابت الواحد هو علة لإحداث الظاهرة . ويضرب لهذا مثلاً ظاهرة الندى فإن هذه الظاهرة تحدث أولاً حينما ينفخ الإنسان بفيه على جسم مبتدئ مثل لوح من الزجاج في يوم بارد ، أو لوح معدني بارد كذلك ، ثم نجد هذه الظاهرة أيضاً على السطوح الخارجية لزجاجات تستخرج من بئر ، كما نجد لها أيضاً حينما نأقي بإناء فيه ماء بارد ونضعه في مكان دافئ . — فنجد دائماً في كل هذه الأحوال أنه على الرغم من اختلاف المواد التي تتركب منها الظاهرة من نفخ على جسم بارد أو سطح قنينة بها ماء مستخرج من بئر أو سطح زجاجة مملوءة ثلجاً أدخلت في مكان آخر ، فإن ثمة عاملاً واحداً موجوداً باستمرار هو اختلاف درجة الحرارة بين الجسم وبين الوسط الخارجي أو الشيء المماس ، فالتنفس الخارج من الفم أعلى درجة في الحرارة من الزجاج البارد ، وسطح القنينة المعرض للهواء أدفاً من الماء الذي في داخلها ، وكذلك الحال بالنسبة إلى الزجاج . ومن هذا يتبين إذن أن العلة في إحداث ظاهرة الندى هو هذا الاختلاف في درجة الحرارة بين جسم ووسط مماس .

وعلى هذا يمكن وضع لائحة هذا المنهج هكذا : إذا كانت لدينا أحوال مختلفة فيها عنصر واحد ثابت باستمرار ، فإن هنا العنصر هو العلة في إحداث الظاهرة المتتمة بين كل هذه الأحوال المختلفة . ويمكن أن يعبر عن هذا رمزياً بأن يقال : إذا كانت لدينا الأحوال ا ب ج ، ا د هـ ، ا و ز ، ا ح ط ... إلخ

فإن ا هي العلة في هذه الظاهرة التي أحوالها مختلفة (وهي اب > ... إلخ) لأن ا هي العنصر الواحد الثابت إبان كل هذه الأحوال المتغيرة .

وهذا المنهج ، منهج الاتفاق ، كثير الاستخدام في العلوم . وأكثر التجارب التي تقوم بها في الحياة العادية نعتد فيها خصوصاً على هذا المنهج فمن مجرد مشاهدتنا لأنواع مختلفة من الظواهر يوجد فيها عنصر واحد مشترك باستمرار نستطيع أن ندين أن العلة لابد أن تكون هي هذا الشيء الثابت إبان كل هذا التغير . ولكن يجب أن يلاحظ مع ذلك أن هذا المنهج له عيوب شديدة أولها أن يشترط أن يوجد عامل واحد هو الثابت باستمرار إبان كل هذه الأحوال المتغيرة وهذا الشرط يعسر الوفاء به دائماً ، لأن العوامل متشابكة ولا يمكن أن نكتشف عنصراً واحداً موجوداً باستمرار في المجاميع المتغيرة من الأحوال المشاهدة بل كثيراً ما نرى هذا العنصر مختلطاً بغيره ، وقد يتضافر هو وعنصر آخر في جميع الأحوال دون أن يكون هذا العنصر علة حقيقة وإنما يوجد بالعرض دائماً ، لأنه لا سبيل إلى الفصل في الواقع الطبيعي بين هذين العنصرين . وعيب آخر أنه قد يحدث أحياناً عن هذا أغلوطة من نوع الأغلوطة المعروفة باسم أخذ ما ليس بعلة علة ، على الصورة « بعبه إذن بسببه » *post hoc, ergo propter hoc* فتعتقد من مجرد التوالي أن ثمة صلة عليّة مع أن الأمر كاد أن يكون على سبيل المصادفة . ولهذا نصح كلود برنارد بعدم الاعتماد على هذا المذهب لأنه كثيراً ما يحدد بنا عن السبيل الحقيقي لاكتشاف العلم ، وعلينا بعد هذا أن نأتى بمنهج آخر يعدل من دواعي الضلال هذه .

ويمكن تلافى هذه الأغاليط بعض التلافى بتنويع التجارب قدر المستطاع ، وجعل الظواهر المشاهدة تخضع لظروف متباينة بحيث يتبين لنا على وجه أشبه باليقين أنه لا يمكن أن تتواطأ كل هذه المشاهدات من أجل إحداث هذه

الظاهرة المعنية دون أن تكون ثمة صلة عِلّية بين المقدمات وبين الظاهرة الناتجة .
ومن هنا نجد أن كبار العلماء حينما أرادوا أن يتأكدوا من صحة ما افترضوه من
صلة العِلّية بين مقدمات ونتيجة ، حاولوا أن ينوعوا التجارب — كما نصح
بذلك سيكون من قبل — قدر المستطاع فيستخدموا مواد مختلفة حتى لا يكون
لهذه الأمور العرضية دخل في إحداث الظاهرة ، فجليليو في بحثه لقانون سقوط
الأجسام قد استخدم أجساماً من الحديد والنحاس والعاج . الخ ، ونيوتن في
تجاربه على البندول قد استخدم أنواعاً مختلفة من البندولات من الفضة والنحاس
والمعدن ، وكل هذا من أجل أن لا تكون الظاهرة قد حدثت لأسباب عرضية
أخرى تتعلق بالمادة . — وعلى كل حال فإن منهج الاتفاق لا يمكن مطلقاً أن يُعدَّ
منهجاً حاسماً ، إلى درجة أنه قد يحدث في كثير من الأحيان أن تتواطأ جملة من
الملاحظات على إثبات رابطة عِلّية ، دون أن تكون ثمة رابطة عِلّية حقيقية ،
بينما نجد في بعض الأحيان أن مشاهدة واحدة تكفي لبيان صلة العِلّية بين سلسلتين
من الأحداث . ولهذا يقول جوبلوعن هذا المنهج إنه لا يمكن إلا أن يكون لوناً
من ألوان إضافة مؤيدات للظواهر التي أوجت إلينا بالفرض ، ولا يمكن أن
تكفي بنفسها ، وذلك للأسباب التالية : أولاً : لا نستطيع نظراً إلى تشابك العلل
في الطبيعة أن نزل في الواقع علة واحدة تكون هي العلة المحددة بالفعل ،
فما نشدناه من عزل العلة المعنية لم يتحقق إذن بواسطة منهج الاتفاق . ثانياً :
يلاحظ أن العامل المشترك قد لا يمكن مشاهدته بطريقة شاملة في الطبيعة ،
فلا نستطيع أن نعرف حينئذ ما هي العلل الحقيقية التي أثرت في إيجاد الظاهرة .
ثالثاً : نجد في الواقع أن هذه الظواهر أو بالأحرى المشاهدات المتفقة فيما بينها
ليست إلا أنواعاً جديدة من المشاهدات تضاف إلى تلك التي أوجت بالفرض
ولن تكون لها قيمة حاسمة إذن من ناحية البرهان اللهم إلا إذا آتينا حينئذ بما

يسميه جوبلو باسم منهج الاتفاق المتنوع الذى يحملنا على النظر فى أنواع مختلفة تنسب إلى الظاهرة المعنية ، حتى يكون من هذا التنوع شاهد حقيقى على أن الاتفاق لم يكن عرضاً أو من سبيل الاطراد دون العلية ، فعلياً إذن لا تنق كثيراً بهذا المنهج فلا تتخذ من مجرد الاتفاق دليلاً على وجود صلة العلية .

٢ - منهج الافتراض :

فإذا أردنا أن نتحقق من صحة نتائج المنهج السابق ، لابد أن نأتى بمنهج مضاد فى الصورة لكنه مؤيد فى النتيجة . فنجرى ما يسمى باسم البرهان العكسى *contre-épreuve* الذى أشاد به كلود برنارد وحسبه التجربة الحقيقية الحاسمة التى دعا إلى إيجادها بـ يكون . هذا المنهج يقول إذا اتفقت مجموعتان من الأحداث من كل الوجوه إلا وجهاً واحداً فتغيرت النتيجة من مجرد اختلاف هذا الوجه الواحد فإن ثمة صلة عليّة بين هذا الوجه وبين الظاهرة الناتجة . فإذا كانت لدينا مجموعة ك ل م ن ، تنتج ظاهرة ما ، ومجموعة أخرى ك ل م ه وتنتج عن ذلك اختلاف فى النتيجة فى حالة عن الأخرى ، فإنه يوجد بين م ه صلة عليّة . ونستطيع أن نتخذ لهذا مثالا تلك التجربة التى قام بها باستير لإثبات وجود جراثيم هى الأصل فى الكون ، فى الأجسام المختمرة ، أى فى وجود الاختار ، فقد أخذ باستير قنينتين وضعهما فى برميل واحد فى درجة حرارة واحدة وفى القنيتين سائل واحد ، وقد أغلق فوهة إحدى القنيتين إغلاقاً محكماً بينما ترك الأخرى مفتوحة ، فتبين له بعد قليل أن السائل فى القنينة المفتوحة الفوهة قد تغير وحدث فيه اختار ، بينما السائل فى القنينة المحكمة الإغلاق لم يتأثر مطلقاً ، فاستنتج من هذا أنه لابد أن يكون لكون فوهة القنينة فى الحالة الثانية مفتوحة قد حدث الاختار ، وبالتالي سيكون الهواء هو العلة فى إحداث الاختار ، وذلك

لأنه يحتوى على جرائم دخلت السائل فأحدثت ظاهرة الاختمار فيه .

وهذا المنهج كثير الاستعمال ومن أخصب المناهج ولكنه مع ذلك محدود الاستعمال بمعنى أن نطاق تطبيقه ضئيل ، إذ هو يفترض مقدماً خصوصاً التجريب وذلك بأن تكون عالمين بالنسبة الموجودة بين طائفة وطائفة ، ونفترض أو نجري تجريباً إسقاط أحد العوامل فينتج عنه سقوط الظاهرة المطلوب دراستها . ويستخدم خصوصاً في علم وظائف الأعضاء حينما نريد أن نحدد وظيفة عضو من الأعضاء فنجرى حينئذ عملية البتر لهذا العضو لكي نقبين ماسينتينج عن هذا البتر من نتائج — وهذه النتائج هي التي تحدد وظائف هذا العضو . فلو بترنا مثلاً العصب البصرى لتبين لنا تماماً كيف تتم بالفعل عملية الإبصار ، ولو بترنا مثلاً مركز اللغة (بروكا) لتبين لنا كيف تتم وظيفة الكلام . غير أننا قد نمدح في بعض الأحيان عن فعل الطبيعة وذلك أن كثيراً ما نجد أنه بتر مركز يحدث لأعضاء أخرى تكييف من شأنه أن يجعل بعض الأعضاء تقوم بوظيفة العضو للبتر كما يحدث هذا بالنسبة إلى مركز بروكا نفسه ، فإن المشاهد هو أن الجزء الثانى من المخ يقوم بهذه الوظيفة .

ولكن هذه العملية عملية التجريب المتصل بالقضاء على عامل لبيان آثاره لا يمكن تطبيقها في بعض الظواهر التي تند عن قدرتنا الإنسانية ، فمثلاً لا نستطيع أن نلغى تأثير الجاذبية التي للأرض . كما لا نستطيع أن نغير في الظواهر الجوية العامة مثل المد والجزر والخسوف والكسوف . ولهذا كان تطبيق هذا المنهج محدود النطاق . غير أن فائدته جلية كما قال كلود برنارد ، إذ هو يكون نوعاً من البرهان العكس الذى نعدل به قدر المستطاع من أخطاء المنهج السالف ، منهج الاتفاق . غير أن نتيجه مع ذلك ليست حاسمة ، وذلك لتشابك الظواهر الطبيعية

إلى درجة تجعل من غير المستطاع عزل عامل فضلاً عن أنه قد تحدث ظاهرة عن علل مختلفة لها نفس القيمة في إيجادها فنزعم حينئذ أننا نجعل بقية العلل أن الظاهرة قد حدثت بسبب إلغاء العوامل العلية المعروفة مع أن الظاهرة قد حدثت لأسباب أخرى غير الأسباب التي نعرفها فتجربة باستور السابقة قد شكك فيها على أنه قد يكون التولد الذاتي التلقائي *génération spontanée* هو العلة في إحداث ظاهرة الاختمار، ولكن كان لابد من وجود تيار هواء لإحياء الكائنات المتولدة.

لجاء باستير وأقام تجربة أخرى بأن أغلق الفوهة بقطن مندوف *ouate* معقم بالحرارة فبين له حينئذ أن ظاهرة الاختمار قد حدثت في المفتوحة الفوهة بينما المغلقة لم تحدث فيها، فتأيدت التجربة مرة أخرى وإن كان قد شكك فيها بعد ذلك فاضطر باستير إلى إجراء تجارب أخرى مؤيدة. ومن هنا يتبين إذن أن منهج الافتراض ليس يقينياً وإن كان حاسماً بدرجة أكبر مما كانت الحال عليه بالنسبة إلى المنهج السابق. ويجب أن نلاحظ أخيراً أن هذا المنهج يمكن إجراؤه ليس فقط بين تجربتين بل وأيضاً، بين سلسلتين من التجارب ولكن هذا يؤدي في الواقع إلى ما يقرب من المنهج الثالث والذي سنتحدث عنه الآن.

٣ — منهج التغيرات المساوقة *M. de variations concomitantes* :

يمكن أن يسمى هذا المنهج بطريقة أدق باسم التغيرات المساوقة المتضائية، أو التغيرات المساوقة النسبية (*corrélatives, proportionnelles*) إذ يقول هذا المنهج إننا لو أننا بسلسلتين من الظواهر فيها مقدمات ونتائج، وكان التغير في المقدمات في كلتا السلسلتين ينتج تغيراً في النتائج في كلتا السلسلتين كذلك، وبنسبة معينة فلا بد أن تكون ثمة صلة عليية بين المقدمات وبين النتائج. وليبيان هذا نعود إلى

باستير مرة أخرى فستشهد بتجربته التي تقول إنه أتى بعشرين زجاجة مملوءة بسائل في درجة الغليان ، فوجد أولاً في الريف أن ثمانى زجاجات فقط هي التي تغيرت حينما فتحت ؛ وفي المرتفعات الدنيا للجورا تبين له ثانياً أن خمساً فقط هي التي تغيرت : ولما ارتفع إلى أعلى قمة الجبال حيث الثلوج التامة لم يجد غير واحدة ، وحينما أتى بهذه القنينات العشرين في غرفة مقفلة أثير غبارها تبين أنها جميعاً قد تغيرت — فبين له من هذا أنه بمجرد تغير الجواء قد حدث تغير في النتائج أى في قابلية اختار السوائل الموجودة بالقنينات العشرين . فثمة نسبة عليا إذن بين المقدمات وبين النتائج ، نسبة تتغير بطريقة معينة وفقاً لتغير الأحوال التي تجرى بين طرفيها الظاهرة المشاهدة .

فمن هذا يقين إذن أنه لو كانت لدينا سلسلتان من الظواهر المتوازية بحيث تكون السلسلة الأولى منها مكونة للمقدمات ، والثانية للنتائج ، ووجدنا أن ثمة تغيراً في النتائج بحسب التغير في المقدمات ، فلا بد أن توجد صلة عليا بين السلسلتين . فإذا كانت ك ل م ن تسبق أو تصحب ظاهرة ما «هـ» ، ووجدنا أن ك ل م ن تسبق أو تصحب هـ ، وك ل م ن تسبق أو تصحب هـ ، فإن ثمة صلة عليا بين ك م هـ .

وميزة هذا المنهج أنه يمكن تطبيقه في مجال أوسع من المنهج السالف فقد رأينا أن منهج الافتراق قد لا يمكن تطبيقه في بعض الأحوال التي لا سيطرة فيها للتجربة الإنسانية على تغير ما بها من عوامل . ولكن المنهج الجديد ، منهج التغيرات المساوقة ، تيسر إجراؤه حتى في هذه الظواهر . ومن الأمثلة على هذا ظاهرة المد والجزر ، فهذه الظاهرة لا يمكن بواسطة منهج الافتراق أن نعدل فيها لأنها تجرى بين أجسام في الطبيعة لا سيطرة للإنسان عليها ، ونحن نعرف أن هذه الظاهرة تحدث عن الجاذبية التي تأتي من جانب القمر صوب الأرض ، فستطيع أن نقين صحة هذا الفرض من مشاهدة أن التغيرات في مقدار المد والجزر تتناسب

تناسباً طردياً مع قرب القمر من الأرض ، فكما كان أقرب ، كانت هذه الظاهرة أشد ظهوراً والعكس بالعكس ، مما يدل على أن هناك صلة عليّة بين القمر وبين المد والجزر . وميزة أخرى لعلها أن تمدّ اليوم الميزة الرئيسية الكبرى لهذا المنهج هي أنه في الواقع المنهج الكمي الوحيد بين المناهج الأربعة ، فبقية المناهج مناهج كيفية تتعلق بثبوت الظاهرة دون أن تحدد بالدقة كميّتها ولا كيفية تغيرها وفقاً لنسبة كمية . ولكن هذا المنهج يخول لنا أن نحدد بطريقة كمية حسابية عددية النسبة الموجودة بين علة ظاهرة ونتيجتها ، فمثلاً بين جاذبية الأرض والأجسام ، أو بين الزمن وسرعة سقوط الجسم ، فنعرف أنه : كلما طال الزمن من نقطة بدء سقوط الجسم ، ازدادت سرعة الجسم في السقوط . وهكذا نستطيع أن نحدد بطريقة كمية النسب الموجودة بين شروط ظاهرة ونتائجها .

أساس الاستقراء :

مسألة أساس الاستقراء تدرس عادة على أنها تتألف من مسألتين : الأولى مسألة المبدأ أو المبادئ التي تقوم عليها فكرة المنهج التجريبي نفسه ، وثانياً : مسألة الضمان الذي يضمن لنا الانتقال من الحالات الجزئية المشاهدة إلى وضع القانون العام . وكثيراً ما اختلطت المسألتان بعضهما ببعض خصوصاً في الرسالة الممتازة التي قدمها لاشلييه بعنوان «أساس الاستقراء» وأثارت كثيراً من الجدل في أواخر القرن ١٩ وأوائل هذا القرن ، لأنها وضعت هذه المشكلة ، مشكلة أساس الاستقراء ، لأول مرة في صيغة واضحة جعلتها من المسائل الرئيسية للمنهج التجريبي . أما المسألة الأولى فيجب أن نميزها تمام التمييز من المسألة الثانية على الرغم من كل هذا الخلط ، لأنهما وإن ارتبطتا فيما بينهما ارتباطاً وثيقاً فإن الأساس فيهما ليس بواحد ، كما أن النظرة التي نقول بها بالنسبة إلى الواحدة ، لاتعين بالضرورة

تلك التي ننظر بها إلى الأخرى . فالمسألة الأولى هي مسألة المصادرة أو انبداً الرئيسي الذي يقوم عليه كل استقراء وبالتالى كل بحث علمي . فتحسن نعرف فيما يتصل بالمنهج الاستدلالي والفكر المنطقي بوجه عام أنه يقوم على مصادرة رئيسية أو بالأحرى مبدأ ضروري هو مبدأ الذاتية . وكذلك الحال نجد أن المنهج الاستقرائي أو التجريبي يقوم هو الآخر على مبدأ عام أو مصادرة هي مبدأ العلية .

وهنا يلاحظ أن كلمة العلية كانت تفهم بعمان عدة تكاد أن ترجع فيما قبل نهاية القرن الماضي إلى معنى واحد هو وجود قوة تحدث أثراً ما يسمى المعلول . وتبعاً لهذا كان يقال بتكافؤ العلة مع المعلول ، وأن العلة تحدث المعلول ... إلى آخر هذه العبارات التي تؤذن بأن ثمة قوة تنتج عنها نتيجة معينة ، وهذه القوة تسبق بالضرورة الناتج عنها أو المعلول . — ولكن إذا نظرنا في القوانين التي تتصل ببيان العلة (أو العلية) لوجدنا أنها لا تتعلق فقط بالصلة بين سابق وتال ، وإنما تتعلق بالأخرى — كما بين ذلك الأستاذ لالاند — في كتابه « نظريات الاستقراء والتجريب » (ص ١٨٧) — نقول إن القوانين تتعلق :

١ — بالطبائع بالمعنى الذي يفهم به سيكون هذا اللفظ مثل تركيب الجزيء molecule أو تركيب الذرة أو تركيب أى عنصر كىاوى ؛

٢ — بالإضافات الثابتة انوجودة بين صفتين أو سلسلتين من الظواهر المعينة بالنسبة بعضها إلى بعض تبعاً للدالة $v = d(s)$ كما يظهر هذا في الجاذبية والانكسار والنسبة بين الشدة والمقاومة في التيار الكهربائي ؛

٣ — بتقدير عددية ثابتة مثل سرعة الضوء ، طول الموجة ... الخ ؛

٤ — باطردادات هي عبارة عن ظواهر مساوقة لأخرى دون أن نقين بالدقة

صلة عليّة — بمعنى قوة تؤثر في شيء — بين سلسلتى هذه الظواهر كما نجد هذا مثلاً في كون الاجترار يستتبعه كون الظلف مشقوقاً ... الخ ؛

٥ — بأحداث دورية ينظر فيها إلى أوجه ثابتة في تطورها بالنسبة إلى مجاميع متشابهة كما يظهر مثلاً في ظاهرة التبخر ، أو ردود الفعل الكيماوية أو ظواهر الهدم والبناء بالنسبة إلى الخلايا ، أو قوانين التولد والنمو والذبول والفناء بالنسبة إلى الكائنات الحية ... الخ ؛

٦ — بعلاقات الاتجاه vection كما في القانون الثانى من قوانين علم القوى الحرارية المعروف بقانون كارنو أو قانون نقصان الطاقة ... الخ . فهذه الظواهر تقوم على أساس وجود اتجاه تتجه الظواهر وفقاً له في مدى تطورها . وهذا يظهر خصوصاً في نظرية التطور سواء منها المتعلقة بالكائنات الحية أو المتعلقة بالقشرة الأرضية : فهنا نجد دائماً اتجاهاً تسير وفقاً له الأحداث .

فالقوانين إذن تتخذ هذه الصور الست . وعلى هذا فلا يمكن أن نفهم العلية بمعنى أن ظاهرة ما لا بد أن تسبق ظاهرة أخرى أو أن ثمة قوة تنتج أثراً — فهذا وصف غير دقيق الفكرة العلية . وفكرة العلية كما نظر إليها أصحاب المدرسة الاسكتلندية وعبر عنها بكل وضوح Roger Collard تقوم على أساس مبدئين : أن القوانين ثابتة ، هذا هو المبدأ الأول ؛ وأن القوانين عامة ، وهذا هو المبدأ الثانى . أما من حيث المبدأ الأول فالمقصود منه أننا لسنا في حاجة إلى دراسة الظواهر في كل لحظات الزمان بل يكفي أن نلاحظ ظاهرة ما في زمن ما ، لكي نحكم بأن القوانين التى تحكمها ستكون دائماً على هذا النحو على مدى الزمان . وليس للزمان من أجل هذا دخل في تغيير القوانين التى تخضع لها الظواهر ، وبهذا تستبعد فكرة الزمان ، فالزمان الخالق الذى تحدث عنه برجسون لن يكون

له أى أثر هنا . أما المبدأ الثانى فمعناه أن القانون قضية كلية بالمعنى المنطقى لكلمة . قضية كلية ، ومعنى هذا أننا لسنا فى حاجة إلى دراسة كل الظواهر فى المكان بل يكفى أن نقوم بالتجربة على مجموعة من الظواهر فى هذا المكان لكي نعم الحكم فنجعله صالحاً فى أى مكان آخر . فوقاً لهذين المبدأين : مبدأ الثبات ومبدأ العموم تقوم فكرة العلية عند هؤلاء .

واستمر هذا رأى يشغل أذهان المناطق إلى درجة كبيرة حتى أتى لاشليه . فى أواخر القرن الماضى فى رسالته المشهورة « أساس الاستقراء » فبحث المسألة بحثاً أوفى وأتم وانتهى من هذا البحث إلى بيان أن العلية أو الجبرية إنما تقوم على أساس مبدأين : مبدأ الفاعلية ، ومبدأ الغائية . وقد ابتدأ لاشليه بحثه هذا بعبارة واردة فى كتاب كنت « نقد الحكم » ومن هذه العبارة انتهى إلى هذه النتيجة التى أوردناها . أما المبدأ الأول فيقول بالنص :

« فى سلسلة من الأحداث وجود ظاهرة لا بد أن يعين وجود ظاهرة أخرى » . أما المبدأ الثانى فيقول :

« وجود ظاهرة فى نظام معين لا يتعين تعيناً حقيقياً إلا بالنسبة إلى نظام الكل » . فلندرس كلا من هذين المبدأين بالتفصيل :

أما المبدأ الأول فهو مبدأ العلية العام مصوغاً بطريقة أكثر دقة ، ويقصد منه أن الظواهر يحدد بعضها بعضاً ، وأنه لكي يتم وجود ظاهرة من الظواهر فلا بد أن تسبق بظاهرة أخرى أو على الأقل توجد فى صلة معها بحيث يتحدد وجودها بوجود الأولى . وهكذا نجد أن الكون ستركب من سلسلة مترابطة من الظواهر التى يحدد بعضها بعضاً . وإذا اقتصرنا على هذا المبدأ ، لاستمر هذا التحديد إلى غير نهاية . ولكننا إذا استمررنا إلى غير نهاية فإننا سننتهى

قطعاً إلى الفوضى والاختلاط وستكون حال العالم كحاله في مذهب ابيقور قبل تجمع
الفرات من أجل تكوين الأكوان .

ولكن هذا المبدأ غير كاف لأن افتراض إمكان حدوث مثل هذه الحالة
حالة الفوضى المطلقة ممكن ، وليس أقل إمكاناً من فكرة الجبرية المطلقة . فلا
بد هنا إذن في نظر لاشليه أن يتدخل مبدأ آخر يحول دون حدوث هذه الفوضى
المطلقة ، وهذا المبدأ هو مبدأ الغائية . والغائية هنا ليست بالمعنى المفهوم عادة من
أن مجموعة أشياء تتجه نحو غاية نهائية وإنما يقصد به أن ثمة نظاماً يقتضى ترابط
الأشياء على نحو ضرورى من شأنه أن يجعل الجزء الواحد يتوقف في تركيبه
وطبيعته على الجزء الآخر ، ومن هنا صاغ لاشليه هذا المبدأ على هذا النحو :
« إذا كونت الظواهر نظاماً فإن هذا النظام فيه تقود فكرة الكل فكرة
الأجزاء وطبيعة الكل تحدّد وجود الأجزاء » . وبفهم لاشليه الغائية هنا بمعنى
الغائية الباطنة أى التى تتعلق بطبيعة الشيء نفسه من حيث ترتب وظائفه وأجزائه
بعضها بالنسبة إلى بعض من أجل تحقيق كماله أو فكرته الموجهة .

ولست الغائية هنا غائية خارجية بمعنى أن يكون الشيء وسيلة لتحقيق غاية
خارجة عنه ، فالغائية الباطنة عنده هى بعينها تلك التى فهمها كذت وهى ترجع
فى نفس الآن إلى فكرة الجمال ، فعند كذت أن الجمال هو وجود النظام فى الأجزاء
وتضافر الأجزاء بعضها مع البعض الآخر وفقاً لما تقتضيه طبيعة الكل .

ولو قدر لاشليه أن يعبر عن مذهبه فى صيغة أعم لا تنهى إلى مذهب فى وحدة
الجمال كمذهب بلدوين Baldwin المسمى باسم pancalisme

ولو نظرنا فى هذين المبدأين لوجدنا أولاً أن الأصل فىهما يرجع إلى
النقدية الحديثة التى اعتنقها لاشليه ومثلها فى فرنسا فى أواخر القرن الماضى

ومرجعها في النهاية إلى أن الأشياء لا وجود لها في الواقع إلا لأن عقل يتأملها ويدركها . أجل قد يكون للأشياء في ذاتها وجود ، ولكنني لا أعلم عنه شيئاً وليس في وسعي أن أعلم عنه أى شيء . وذلك لأن الأصل في المعرفة هو التجربة ، والتجربة هي الأشياء كما يتصورها العقل . فحتى الأصل الذي أبدأ منه والذي يدعيه أصحاب المذهب الوضعي الذي يقول بوجود خارج العقل ، لا يمكن أن يتحقق إلا بواسطة عقل يحده ، والعقل لا يستطيع أن يدرك الأشياء إلا على أساس أن بها نظاماً ، فكما أنه يفترض في إدراكه للموجودات والمقولات مبدأ الذاتية حتى يتم أى فكر سليم ، فإنه كذلك يفترض مبدأ النظام لكي تتم المعرفة .

وعلى ذلك فلما كانت الطبيعة الخارجية لا وجود لها إلا بوصفنا مدركين لها ، فلا بد أن يسودها إذاً هذا المبدأ ، مبدأ النظام . لهذا لا نستطيع أن نساير مبدأ العلل الفاعلية أى مبدأ الجبرية إلى نهايته ، بل لا بد أن يتدخل دائماً مبدأ النظام كي يعدل من شطحات المذهب الأول ، حتى نترك الحقيقة الخارجية الإدراك السليم . وهنا نجد لا شلبيه يعتمد حتى على أبحاث العلماء الوضعيين التجريبيين ويهيب خصوصاً بكلود برنار ، وعلى وجه التخصيص بفكرته في الصورة الموجهة *idée directrice* ويذهب إلى تفسير هذه الفكرة على أنها تدل على معنى الغائية ، ولو قدر له أن يفسر كلود برنار لقال ان هذه الصورة الموجهة لا توجد في الكائنات الحية وحدها بل وأيضاً في الجمادات . فحركات الكواكب بعضها بالنسبة الى بعض إنما تتم أيضاً تبعاً لصورة موجهة . وانتقال ذرة الهيدروجين من حمض لكي تتحد بعنصر مكوّنه ملحاً ، إنما يتم أيضاً تبعاً لصورة موجهة . وانتقال قطعة من الجسم في المحلول لكي تنضم إلى البلورة التي بسبيل التكوين على نحو يجعل البلورة ذات شكل هندسي دقيق إنما يتم أيضاً تبعاً لصورة موجهة .

فلنتظر الآن في كل مبدأ من هذين المبدأين اللذين قال لاشلييه إنهما الأساس في الاستقراء والنهج التجريبي عموماً . ولنضرب صفحاً عن المذهب الميتافيزيقي الذي أقام على أساسه هذا القول . فقد يمكن أن تكون هذه المقالة التي قال بها لاشلييه مفهومة معقولة في داخل هذا الإطار الميتافيزيقي الذي قال به وهو الإطار النقدي الحديث ، ولكننا لا نريد أن ننظر إليه هنا إلا من ناحية علم المناهج . فنقول انه فيما يتصل بالمبدأ الأول ، هذا المبدأ يقول إن الظواهر يعين بعضها بعضاً ، فهناك سابق يؤثر في اللاحق بالضرورة أو على الأقل هناك أشياء يؤثر بعضها في بعض . ولكن قد يقال هنا إننا حين التجريب لا نبدأ من هذا المبدأ ، إنما هو مبدأ قد نحصله باستمرار التجريب وتواليه . ولكن هذا الاعتراض على مبدأ لاشلييه ليس بوجيه ، وذلك لأن التجريب نفسه لا بد أن يقوم في أول الأمر على افتراض ضمني على الأقل لمبدأ الجبرية . إذ ما معنى التجريب إلا أن يكون هناك افتراض أن الأشياء التي حدثت اليوم ستحدث أبداً مهما اختلفت أسباب الزمان والمكان ! فهنا يجب — كما يلاحظ الأستاذ لالاند — أن نقول إن مذهب لاشلييه مصيب .

أما عن المبدأ الثاني وهو مبدأ الغائية الباطنة فهو مبدأ محفوف بالكثير من الغموض ، فضلاً عما فيه من نزعة لا نقول إنها مضادة للعلم بل نقول على أقل تقدير إنها خارج العلم . فيلاحظ أولاً أنه ليس من الضروري أن تسترط الغائية في كل الظواهر . فهذا المبدأ إذن يتجاوز الحقيقة وأعم منها . فمثلاً في علم كالفلك نحن لا نفترض مطلقاً ولا يمكن أن نفترض أن ثمة غائية أي نظاماً في حركات الكواكب ، وإلا عدنا إلى ذلك الفلك المتهدم القديم الذي كان يقيم قواعده وأقواله على أساس اعتبارات صوفية كما فعل الفيناغوريون مثلاً أو كما تفعل أنواع الفلكيات المرتبطة بفكرة الغائية لأسباب دينية . وعلينا هنا إذاً ألا نشد

نظاماً بل ننظر في الحركات كما هي بأن تعتبر القوى المؤثرة وعلى أى نحو يتم التأثير بواسطة الجاذبية مثلاً ونحدد الحركات التي تقوم بها الكواكب وفقاً لتأثير هذه القوى .

وثانياً يجب أن يلاحظ أنه مبدأ ملتو ، يحتمل الكثير من التأويل لأن فكرة النظام فكرة غامضة: فقد يكون النظام في الثبات كما كان يفهمه اليونان خصوصاً ، وقد يكون النظام في الحركة ذات الاتجاه كما تفهمه فعلاً الروح الأوروبية ، فإذا كان لدينا فرضان فيما يتصل بتكوين الكائنات مثل فرض « أجاسيس » Agassiz الذي يقول بالثبات ، بينما هناك فرض أصحاب التطور ابتداء من لا مارك حتى دارون الذي يقول بالتطور الحركي للكائنات ابتداء من البلورة حتى الإنسان — فالمبدأ هنا إذاً مبدأ النظام يمكن أن يُفسر عدة تفسيرات ، ومن هنا لا نستطيع أن نقول إنه مبدأ ثابت محدد للتفسير . والواقع أن ثمة شبهاً كبيراً بين هذين المبدأين وبين التفسير الذي أدلى به روابيه كولار وذكّرناه من قبل لفكرة القانون ، فقول روابيه كولار إن القوانين ثابتة ، يناظر تماماً قول لاشليه إن الظواهر يعين بعضها بعضاً في الوجود ؛ وقول لاشليه إن وجود الكل يحدد طبيعة الجزء ، يناظر قول روابيه كولار إن القوانين عامة — مع مافي هذا التفسير أو التشبيه من تعسف .

فإذا نظرنا نهائياً فيما انتهى إليه تحليل لاشليه لأساس الاستقراء وجدنا أن القسم الأول منه وهو المتعلق بالجبرية صحيح بوجه عام ، ولكنه لم يأت فيه بشيء جديد بخلاف ما أتى به من حلوله العلمية من قبل . والمبدأ الآخر الذي كان جديداً بعض الجدة على الأقل بالنسبة إلى تحليل المنهج التجريبي وأساس الاستقراء يحيط به الغموض من كل جانب ولا يصلح فعلاً أن يكون أساساً حقيقياً أو مبدءاً للاستقراء . ومن هنا نجد أن المناطقة قد حاولوا في أوائل هذا القرن وبعد أن أثار لاشليه مشكلة

أساس الاستقراء هذه الإثارة حتى جعلها تقريباً من أكبر المؤثرات على الفكر الفرنسي المعاصر ، نقول إنهم بحثوا بمد هذا عن أساس الاستقراء فكانت آراؤهم متضاربة بين نزعة فعلية أو برجماتية يمثلها خصوصاً من بين العلماء : دوم وبوانكاريه ، ونزعة منطقية منهجية حاولت أن تقدم أنواعاً من المبادئ العامة التي هي بالأحرى يجب أن تعدّ أوصافاً للأفكار الحادية لذهن العالم إبان البحث ، ويمثل هذا الاتجاه خصوصاً الأستاذ لالاند وجوبلو ؛ وثالثاً نجد فريقاً من العلماء المختصين الذين لم يشاءوا الذهاب إلى الحد الذي ذهب إليه دوم وبوانكاريه من الشك في إمكان اليقين بالنسبة إلى النظريات الكبرى والفروض العامة ويمثل هذا الاتجاه خصوصاً في فرنسا لانجفان وبيران Langevin, Perrin أما دوم وبوانكاريه فقد عرفنا من قبل مذهبهما ، فخلاصة مذهب الأول أننا نقتطع من الوقائع أشياء نفترض افتراضاً أنها تمثل الوقائع الحقيقية مع أنها ليست في الواقع غير اقتطاعات ذهنية وتقطعات في الوجود الحقيقي لا تمثله تمثيلاً حقيقياً . وما التفسيرات إلا أنواع من الفروض الميسرة التي تمثل لنا الحقيقة الواقعة على نحو أو على نحو آخر . وبوانكاريه يذهب إلى نفس المذهب فيرى أن النظريات العلمية لا يمكن أن يبرهن عليها بيقين وأننا هنا بإزاء فروض ميسرة فحسب ، وأن في الاستقراء من الغرر والمجازفة والبعد عن اليقين قدراً هائلاً وبالتالي لا سبيل إلى إثبات النظريات الكبرى بوجه خاص لأنها تقوم على تعميمات أكبر . ويميّز حينئذ بين التجارب الجزئية التي قد يكون فيها مقدار وافر من اليقين وبين الفروض العامة التي يمكن أن تعد مجرد فروض ، نصيبها من اليقين لا يربو كثيراً على نصيبها من عدم اليقين . والأصل في نظرية هؤلاء ومن جرى في أثرهم التمييز بين مسألتين يجب في الواقع أن يميز بينهما بمنتهى الدقة ، وهذا التمييز هو التمييز بين الواقعة وبين التجربة .

أما الواقعة فهي الأشياء الخارجية ، وأما التجربة فهي التفسير الذى نعطيه لهذه الوقائع الخارجية . وقد تكون الأولى سليمة وواقعية تماماً ، ولكن المهم هو التفسير الذى نعطيه لهذه الوقائع فكما يقول بينيه Binet : أجل إن المسألة مسألة ملاحظة وتجريب ؛ لكن ما أشق إيجاد الصيغة الدقيقة المعبرة عن الوقائع ! وعلى هذا فإن القسم الثانى ظاهر أنه يتوقف تماماً على العقل الإنسانى ؛ والقسم الأول لا سبيل إلى الوصول إليه فى ذاته لأنه إذا كان موجوداً فى ذاته فلا يمكن أن نعلم عنه شيئاً إلا بحسب تجربتنا له ، فالأمر سيرتد فى النهاية إلى تجربتنا العقلية الخاصة وعلى هذا فكأننا سنرتد أيضاً إلى العقل الإنسانى وطرقه فى الإدراك . وهذا السحر الذى كان يضى على فكرة التجربة قد زال فى النهاية . ومغالاة الوضعيين فى الإشادة بالتجربة والتجريب إنما تقوم على نوع من الادعاء الزائف لا أساس له . فنجرب ما شئت أن تجرب ولكن المهم هو أن تفسر ما قت به من تجارب وما قدمته لك هذه التجارب من نتائج . وهذه مسألة تتوقف على ذهن العالم وحده ، والأمر إذن يتوقف فى النهاية على العقل الإنسانى بما له من تركيب خاص ومن ميل معين إلى تفسير الأشياء على نحو دون آخر . فعلياً إذن أن نظام من حدة ادعاء الوضعيين الذى لم يعد يستحق إلا الابتسام العريض لأنه تبين أنه يقوم على عدم إدراك كاف لمعطيات التجربة وشرائط الاستقرار .

أما أصحاب الاتجاه الثالث من أمثال لانجفان ويران ، فإنهم لا يريدون أن يتخذوا من هذا دليلاً على استحالة الإدراك المطابق للواقع لكل الأشياء . فإذا كانت الفروض الواسعة فى العلوم الطبيعية لم تتحقق كلها على وجه اليقين فلا يجب أن نياس من إمكان تحققها يقيناً يوماً من الأيام ونحن دائماً بسبيل تحقيق غروض بعد فروض وهكذا باستمرار . ومن الملاحظ طبعاً أن موقف هؤلاء

لا يختلف كثيراً عن موقف أصحاب المذهب السالف إلا في هذه التمنيات التي إن جازت في باب الأخلاق فلا تجوز في باب العلم .

بقي إذن التيار الثاني الذي يمثله المناطقة المنهجيون . وهنا نجد « لا لاند » أولاً يقول إن ثمة مبادئ ثلاثة تقوم عليها مبادئ الاستقراء ، وقد رأينا من قبل كيف ميز بين مسألة مبادئ الاستقراء ومسألة أساس الاستقراء ، وهي تفرقة ليست واضحة لديه بطريقة كافية فهذه المبادئ الثلاثة هي مبدأ إمكان الاستدلال *deductibilité* ثم مبدأ الاحتمالية التامة *probabilité complémentaire* ثم مبدأ التعميم *universalisation* أما المبدأ الأول فخلاصته أنه لكي يتم استقراء صحيح فيجب أن يكون في الوسع إجراء استدلال بعده ولذا يقول بصريح العبارة إنه يجب أن يكون الاستدلال والاستقراء معاً متضافرين في داخل عالم مقال شيء واحد . والذي يثبت لنا صحة الاستقراء هو إمكان الاستدلال .

فإذا أمكنني بعد فرض الفروض أن أستنتج بواسطة الاستدلال نتائج قابلة للتحقيق والتطبيق كان الاستقراء صحيحاً . والمبدأ الثاني يقوم على أساس فكرة الاستبعاد : فنحن دائماً بإزاء طائفة كبيرة من الفروض علينا أن نستبعد الواحد منها بعد الآخر وفقاً لكون هذا الفرض أو ذاك يخالف ما ثبت علمياً حتى الآن وهكذا حتى ننتهي إلى فرض واحد يكون هو الحقيقي . فهذا المنهج السلبي ، منهج الاستبعاد ، هو مبدأ من المبادئ الرئيسية في الاستقراء .

وحينئذ قد يعترض على هذا بأن يقال إن ميدان الفروض فسيح لا يحد فـ... نقوم إذن بهذه العملية التي تبدو مستحيلة ؟ يجب على هذا لا لاند بأن يقول إن مجال الفروض محدود بحسب طبيعة المادة التي يجري عليها الفرض

مثلاً بالنسبة إلى المجموعة الفلكية ، نجد أن لدينا فرضين : إما أن تكون الأرض هي التي تدور حول الشمس ، أو الشمس هي التي تدور حول الأرض . فنحن إذن بين فرضين ، وإذا وجد مثلاً أن أجساماً مكهربة قد أفرغت شحنتها الكهربائية حينما توضع فوق موقد ذى غاز مشتعل فإن هذا إما أن يرجع إلى الحرارة أو إلى تحول الغاز إلى أيونات ، فنستبعد الفرض الأول بإثبات أنه إفراغ الشحن الكهربائية يتم بدون وجود الحرارة ؛ فلا يبقى إلا الفرض الثانى وهو تأين الغاز . وهكذا نجد باستمرار أن المجال محدود فى الفروض . — وفى هذا الرد شىء من الوجهة ، ولكنه ليس صحيحاً فى كل الأحوال ، فضلاً عن أنه لا يقدم فى الواقع قوة دافعة إلى فرض فروض كثيرة عسى أن يتحقق منها واحد غير ما كان يفكر فيه . وعلى كل حال فهذا المبدأ الثانى ينطوى على كثير من الاحتمالية ، ويدخل فيه حساب الاحتمال إلى حد بعيد .

والمبدأ الثالث يمكن أن يلخص فى قولنا إن الأشياء التى تسير على قانون ما يجب أن تستمر على نفس الطريقة إلى أن يظهر برهان عكسى . وهنا نحن نفرض — كما قال جوبلو — نفرض إمكان أن يسير الزمان والمكان كما هما الآن وأن تكون الظواهر العامة التى تدخل فى إطارها الظواهر الجزئية سائرة كما هى فلا نفترض مثلاً فناء الشمس أو ظهور قوة جديدة أو تدخل قوة مفاجئة من عالم مجهول ، وعلى هذا نستطيع أن نستمر على هذا المبدأ ما دمت لا نجد فرضاً مضاداً أو برهاناً عكسياً ينفي ما نقول . غير أننا نلاحظ أخيراً على هذه المبادئ أنها توجيهات للبحث العلمى أكثر من أن تكون بياناً لأساس الاستقرار . والرأى الصحيح الذى يجب أن ننتهى إليه هو رأى أصحاب المنهج الأول ، فالنتيجة الأخيرة التى نستطيع أن نستخلصها هى أنه لكى يقوم العلم لا بد أن نفرض الجبرية ، والجبرية الدقيقة إلى أقصى حد ، وأنه يجب ألا نتوقع تغيراً مفاجئاً

للقوى المؤثرة في الكون ، ولا نفرض أى تدخل خارق للطبيعة في ظواهر الطبيعة . وعلينا أن نؤمن بالجبرية المطلقة والحتمية المطلقة الموجودة في الطبيعة إلى أقصى حد ، وهذا الإيمان ككل إيمان مصادرة فحسب أى شيء نصادر عليه ونفترضه افتراضاً ولا أساس له من الواقع ، إن كان ثمة بعد مجال للتحدث عن أى واقع .

المنهج الاستردادى

يتكون التاريخ من وقائع حدثت مرة واحدة وإلى الأبد ، بينما يتكون العلم من حقائق قابلة دائماً لأن تعود ، وما ذلك إلا لأن التاريخ يقوم على الزمان ، وأول خاصية من خصائص الزمان عدم قابلية الإعادة *irréversibilité* لأن الصفة الرئيسية للزمان هي الاتجاه ، والاتجاه يقتضى السير قدماً دون تراجع أو تخلف أو تكرار ، ومهمة علم التاريخ أو التأريخ أن يقوم بوظيفة مضادة لفعل التاريخ ألا وهي أن يحاول أن يسترد ما كان فى الزمان ، لا ليتحقق فعلياً فى مجرى الأحداث فهذا ما ليس فى وسع أى كائن من كان أن يقوم به وحتى الله نفسه لا يجعل شيئاً قد كان يتكرر هو نفسه مرة أخرى كما أنه لا يجعل شيئاً كان ألا يكون قد كان . وأما مهمة التأريخ فهي أن يحاول أن يستعيد فى الذهن وبطريقة عقلية صرفة ما جرت عليه أحداث التاريخ فى مجرى الزمان ، محاولاً أن يتصور مجرى هذه الأحداث وكأنه يجرى فى اطراد موجه . ومن حيث أن هذا لا يمكن أن يتم إلا بنوع من التجربة الخية التى يحاول المرء فيها أن يعانى فى نفسه ما قد كان حسباً كان ، فإن التأريخ الحق هو ذلك الذى يستطيع أن يحيا تجارب الماضى ، كما حدثت ، فى نوع من التخيل . ولكن هذا التخيل ليس تخيلاً مبتدعاً ؛ إنما يجب أن يقوم على أساس ما خلقته لأحداث الماضية من آثار ، ذلك أن ما كان لا يمكن أن يستعاد بحال . إنما يمكن أن يستعاد نظرياً بنوع من التركيب ابتداء مما خلقه من وقائع يعمل الذهن فيها أحياناً والخيال المبتدع أحياناً أخرى ، على أساس نوع من الوجدان هو ما يسميه

اشينجلر باسم « التوسم » physiognomique ، فهذا التوسم نكُون الصورة
الماضية على خير وجه متيسر . وقيمة هذا التوسم تتعلق من ناحية بقدرة المؤرخ
التوسم ، ومقدرته على النفوذ وراء الآثار في اكتناه للصورة الكلية المتصلة التي
تعبر عنها هذه الظواهر المتناثرة أو الآثار المتباعدة ، وهذه مسألة لا تتعلق بالعلم
في شيء ، إنما هي نوع من الهبة الطبيعية التي لا تتوافر إلا للممتازين ، فليس لنا
إذن أن نبحث فيها ، ولكن هذه الهبة لا تستطيع أن تأتي بنتائج صحيحة
إلا بالاعتماد على الآثار المتخلفة عن الأحداث التاريخية ومن هنا كان لهذه الآثار
التي يسمونها باسم الوثائق documents أكبر قيمة في الدراسة التاريخية .

فالتاريخ لا يمكن أن يتم حقاً ، كما يقول Seignobos & Langlois في
كتابهما الممتاز^(١) « المدخل إلى الدراسات التاريخية » Introduction aux
études historiques ، نقول لا يمكن أن يقوم التاريخ إلا على أساس من
الوثائق ، وهذه الوثائق تنقسم إلى : آثار أو مخلفات خطية ، أو روايات ،
أو نقوش .. إلخ ولهذا يجب أن تكون الخطوة الأولى في المنهج التاريخي هي
خطوة البحث عن الوثائق ، وهي ما يسميه المؤرخون الألمان باسم Heuristique ،
Heuristik من كلمة يونانية تدل على البحث أو الوجد ، ومعنى هذه الكلمة
محاولة إيجاد الوثائق الكافية أو الممكن إيجادها المتعلقة بحادث من الأحداث
التاريخية .

فعلينا أولاً أن نجتمع كل ما يمكن جمعه من الوثائق المتعلقة بعصر من العصور

(١) راجع الآن ترجمتنا لهذا الكتاب ضمن كتابنا : « النقد التاريخي » ، القاهرة
سنة ١٩٦٣ .

أيًا كان نوع هذه الوثائق ، وأن نضمها جميعاً في مكان واحد هي بعينها أو على الأقل ما يمكن جمعه منها ثم صوراً لما لا يمكن وضعه في هذا المكان . والخطأ الأكبر الذي يقع فيه المؤرخون إنما كان ينشأ دائماً عن كونهم لا تتوافر لديهم كل الوثائق المتعلقة بالحدث موضوع الدرس . ولم ينهض التأريخ نهضته الحقيقية إلا بعد أن هيأت المكتبات والمتاحف ودور المحفوظات التي تضم الأشتات المختلفة لموضوع واحد في مكان واحد ميسرة بهذا المؤرخ أن يقوم بعمله . وإذا كنا لم نستطع أن نصل حتى الآن إلى نتيجة مرضية من هذه الناحية فإن التقدم الهائل لعلم الفيلولوجيا لم يتم في الواقع إلا بفضل الجهود الضخمة التي بذلت في هذا السبيل في أواخر القرن الماضي وأوائل هذا القرن . ولا ضير على الإنسان أن يبدأ أولاً بجمع الوثائق من أي مصدر كان وأن يضم بعضها إلى بعض دون ترتيب أو تمييز أو اختيار أو تصنيف لأن المهمة الأولى في الواقع هي جمع الوثائق من مظانها في كل مكان . حتى إذا ما انتهت هذه الخطوة الأولى أمكن بعد للمؤرخين أن يعنوا بهذه الوثائق ويتفروا على دراستها ليستطيعوا عن هذا الطريق أن يصلوا إلى الأحداث التاريخية التي ليست هذه الوثائق غير آثار متخلقة عنها .

فعلينا إذن كخطوة أولى أن نضم كل الوثائق المتعلقة بشيء ما — سواء أكان حدثاً تاريخياً ، أم كتاباً يراد نشره ، أو كان صيغة دبلوماسية أو عقداً من العقود وعلى وجه العموم أي شيء يراد استرداده تاريخياً ، علينا أن نجتمع هذه الأشياء في مكان واحد قدر المستطاع إما هي نفسها أو صوراً منها ، مضيفين اليها إن أمكن كل المصادر غير المباشرة التي تعيننا على تحقيق صحة الوثائق المدروسة كما سيتبين بعد قليل .

وإذا تمت هذه الخطوة الأولية بدأت الخطوة الحقيقية في النهج التاريخي وهي خطوة النقد .

النقد : هذه الوثائق التي يعتمد عليها المؤرخ يجب أن تكون نقطة البدء لكي يصل في النهاية إلى الواقعة التاريخية التي تعدّ الغاية الأخيرة . ولكن بين الوثيقة وبين الواقعة التاريخية المستردة طريقاً شاقاً طويلاً يقوم كله على أساس أنواع من الاستدلال : فمنها ما هو استدلال خالص ، ومنها ما هو برهان بواسطة المماثلة أو التمثيل أو قياس النظير ، ومنها ما يقوم على الاستقراء . وهذه الخطوات المتوسطة بين نقطة البدء ونقطة الانتهاء هي الوصف الحقيقي للمنهج التاريخي . وأى خطأ في أية نقطة من هذه السلسلة الطويلة سيؤدي قطعاً إلى خطأ قد يكون فاحشاً في بعض الأحيان . فعلينا إذن أن نمنع في تحديد الخطوات الموصلة من نقطة البداية إلى النهاية ، وأن نضع كل القواعد الدقيقة التي يجب اتباعها والسير بكل دقة لتنفيذها حتى لا يكون ثمة نقص في أية خطوة نخطوها وحتى لا نصل إلى نتيجة خاطئة تبعاً لخطأ عرضي جزئي قننا به في أية مرحلة .

ولو نظرنا في الوثائق لوجدناها على نوعين : النوع الأول هو الآثار أو الأشياء المصنوعة ، والنوع الثاني هو الآثار الكتابية التي قد تكون وصفاً لحادث تاريخي ، أو قد تكون رواية عيانية لهذا الحادث ، أو قد تكون مجرد جمع روايات عيانية وغير عيانية لهذا الحادث التاريخي . أما النوع الأول فيسير ، لا يؤدي كثيراً إلى الأخطاء اللهم إلا من حيث بيان صحة نسبته التاريخية ، وذلك لأنه أثر مادي ؛ وكل أثر مادي يتكافأ مع مؤثر حقيقي فعلي ، فمن اليسير إذن وفقاً لحالة الأثر أن نكشف عن حالة المؤثر . فآثار كالأهرام مثلاً والمعابد والأبنية أو الترع أو التخطيطات للمدن المختلفة ، كل هذه الآثار من اليسير أن نحدد ما لها من صلة بمنشئها ، لأننا هنا بإزاء أشياء مادية تقريباً ومن اليسير في مثل هذه الأحوال أن نحدد الصلة الوثيقة بين الأمر المادي والمؤثر الفاعل .

أما في حالة النوع الثاني من الوثائق ، فالأمر عسير كل العسر لأنه عبارة

عن الآثار المتخلفة في نفسية إنسان عن حادث من الأحداث ، والإنسان بطبعه
حر متغير كثير التأثير يخضع لعوامل عدة ويتأثر بها بطرق مختلطة وعلى أنحاء
متعددة ، فضلا عن أن لديه دواعى عدة للتحريف أو التزييف أو الوقوع في الخطأ
أو مجرد الوهم ، ومن هنا فإننا سنكون حينئذ بإزاء محاولة شاقة لاستكناه العوامل
النفسية التي أثرت فيمن كتب هذه الخلفات الخطية لكي نتبين المواقف التي
دفعته وصحة هذه الدوافع ومقدار الصدق في نقل الحادث ، إلى آخر هذه المسائل
المتعلقة بامتحان صحة الروايات . والأمر قد يكون أيسر بالنسبة إلى الخلفات
الحديثة ، بينما الأمر شاق جداً فيما يتصل بالآثار القديمة أولاً لأن عوامل التغير
من أيد كثيرة مرت بها هذه الأشياء أو من مجرد فعل الزمان الذي يعنى على
الآثار ، فضلا عن عدم الدقة في المؤرخين الأقدمين نظراً إلى روحهم التوكيدية
القاطعة أو إيمانهم الساذج ببعض الأحداث دون نقد أو تمييز — لهذه الأسباب كلها
يكون الأمر عسيراً كل العسر في تحديد صحة الوثائق المتخلفة عن العصور القديمة
فعلينا إذن أن نقوم بعملية امتحان قاس لكل هذه الوثائق المتخلفة عن الحادث
موضع الدرس وذلك بأن نسأل أولاً : هل الوثيقة صحيحة ، أى كما كانت في
الأصل ؟ وإذا لم تكن كذلك فماذا عسى أن يكون النص الصحيح ؟ ثم نحقق
المصدر الذي تنسب إليه الوثيقة ، وهذا ما يكون النقد الخارجى
critique externe أو نقد التحصيل *critique d'érudition* أو النقد
الفيلولوجى *critique philologique* .

وعلىنا بعد هذا الخطوة الثانية أن نسأل أولاً : ما معنى هذا النص ؟ ثانياً : هل آمن
به صاحبه ؟ ثالثاً : هل كان محققاً في إيمانه به ؟ وهذه المسائل الثلاث هي التي
تكون ما يعرف باسم النقد الباطن *critique interne* . وبواسطة هذين
المنهجين نستطيع أن نصل أولاً إلى تحديد دقيق لصحة الوثيقة التاريخية وهذا يتم

بفضل النقد الخارجى ؛ وثانياً إلى فهم معنى الوثيقة — وهذا ما يقوم به النقد الباطن ، ولهذا انقسم النقد التاريخى إلى قسمين ضخمين : النقد الخارجى والنقد الباطن . فلندرس كلا على حدة بالتفصيل :

١ — النقد الخارجى :

يجب أن نلاحظ أولاً : أن مهمة المؤرخ كأشق ما تكون المهمة . وذلك لأن الوثائق التى لديه ليست كالمواد الطبيعية التى يجرب فيها الفزيائى أو الكيماى لأن هذه الوثائق ليست هى الأحداث الواقعة وإنما هى تقارير وأوصاف عنها وروايات مفصلة بها ، وما مثل المؤرخ فى هذه الحالة إلا كمثل الكيماى الذى لا يعاين التجارب بل يكتفى بدراسة التقارير التى يقدمها له المحضر فى العمل ، بل الأمر أعسر بكثير ، لأن فى وسع الكيماى أن يعاين بنفسه هذه الظواهر الكيماية بإعادة التجارب من جديد والتحقق من صحة تقارير المحضر ، أما المؤرخ فليست له حتى هذه الوسيلة : فما كان قد كان ولا سبيل إلى إعادته ، ولهذا كانت مهمته محفوفة بكثير من المصاعب ، مما سيتبين من دراستنا لكل جزء من جزأى النقد التاريخى .

أما النقد الخارجى فينقسم قسمين : أولاً : نقد الاستعادة أو نقد التصحيح ، وثانياً : نقد المصدر .

١ — نقد الاستعادة critique de restitution :

يقوم هذا النقد على أساس التحقق من صحة الوثائق التى لدينا عن الحادث ، فعلينا أن نعرف : هل الوثيقة صحيحة ؟ أى أنها هى الوثيقة الحقيقية التى كتبها صاحبها . فكثيراً ما يدخل فى الوثائق كثير من الحشو أو قد يضاف إليها كثير من الإضافات الزائدة المقصود بها الإكمال ، وأحياناً يكون النص محرّفاً فى بعض

أجزائه ، وأحياناً رابعة يكون النص مزيجاً تماماً . وهذا التزييف يتعلق إما بالوثائق ذات القيمة أو بالوثائق الضئيلة القيمة ، وعلى كل حال فهذه مسألة تتعلق بالأحرى بالقسم الثانى من النقد الخارجى أى ذلك المتعلق بنقد المصدر . ولدينا فيما يتصل بالوثائق أحوال ثلاث رئيسية : الأولى منها أن تكون لدينا نسخة بخط المؤلف من الوثيقة موضوع البحث ، حينئذ يكون الأمر يسيراً وما علينا فى هذه الحالة إلا أن ننسخ هذه الوثيقة كما هى فى الأصل تماماً دون أن نزيد فيها حرفاً أو ننقص منها شيئاً ، حتى لو كانت مليئة بالأخطاء . فمهمتنا فى هذه الحالة مهمة فونولوجرافية — إن صح هذا التعبير — لأن المطلوب هو تقديم وثيقة المؤلف الأصلية بالضبط كما كتبها . والحالة الثانية أشد عسراً وهى ألا تكون الوثيقة مخطوطة بخط المؤلف بل نسخة وحيدة . وهذه النسخة الوحيدة قد تكون أحياناً كثيرة مليئة بالأخطاء . وهذه الأخطاء إما أن تكون أخطاء فى الحكم أو أخطاء عرضية . أما الأخطاء فى الحكم فتتعلق إما بالجهل من جانب الناسخ أو بمحاولة إصلاح النص حسب فهمه الضيق فيسئ إلى النص من حيث أراد أن يصلحه . ونحن نجد الكثير جداً من هذه الأخطاء التى تحدث عن جهل الناسخ وعدم فهمه للأصل تماماً خصوصاً فى المخطوطات العربية . أما الأخطاء العرضية فتنشأ من الناسخ إما بنسيان بعض الألفاظ أو بتشتت انتباهه أثناء النسخ أو أخطائه أثناء الإملاء أو من مجرد الأخطاء التى يرتكبها خطياً مما يسمونه الأخطاء القلمية *lapsus calami* . فهذه الأخطاء المتعلقة بالتحريف فى النص يمكن إصلاحها بوجه عام عن طريق استقصاء الأخطاء التى يقع فيها المرء عادة أثناء النسخ مثل تكرار بعض الكلمات أو بعض المقاطع وهو ما يسمونه *dittographie* أو ذكر مقطع من المقاطع المتكررة دون المقاطع الأخرى وهو ما يسمونه *haplographie* والأخطاء فى علامات الترقيم ... الخ .

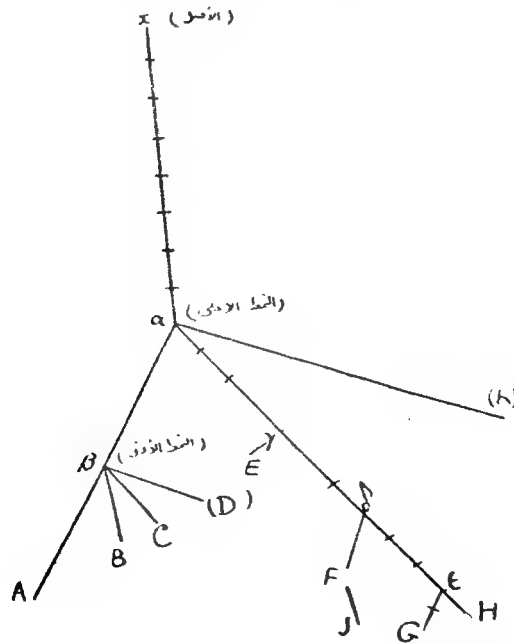
وهذه الظاهرة المتصلة بالأخطاء الكتابية تبدو في أحد صورها في الكتابة العربية خصوصاً وأنها عانت الكثير من التطورات ففي البدء كانت الحروف تكتب من غير نقط ولا إجمام ، فضلاً عن أن الشكل لم يكن قد وجد بعده وهذا أظهر ما يكون في اختلاف القراءات بين المصاحف المختلفة وبين القراء المختلفين ، كما يظهر في النصوص التي اختلف عليها أكبر اختلاف سواء النصوص الأدبية ونصوص الحديث بأنواعها ، ولكي يصلح النص إصلاحاً حقيقياً يجب على من يتصدى لهذا العمل أولاً أن يكون محيطاً باللغة التي كتب بها النص ، ثانياً أن يكون عالماً بالخطوط التي كتبت بها النصوص التي يشتغل فيها ، وبكل الخطوط التي مرت بلغة من اللغات إذا كان يتناول عصوراً متطاولة ، ويجب ثالثاً أن يكون على علم بالأخطاء الشائعة الخاصة بكتابة لغة من اللغات مما يرد عادة لدى النساخ في أحوال كثيرة تبلغ درجة أن تكون هذه الأخطاء أخطاء عامة . وينبغي من أجل ذلك وضع معجم أبجدي منهجي للأخطاء الشائعة الخاصة بكتابة لغة من اللغات ، فهذه عملية من أهم العمليات التي تساعد الناشرين على تحقيق النصوص وإصلاحها . ومن هنا عني بها الفيلولوجيون منذ عهد بعيد وخصوصاً أولئك الذين اهتموا بالدراسات اليونانية واللاتينية . لهذا قام كثير من الباحثين بوضع معاجم مفصلة أبجدية للأخطاء الشائعة بين النساخ وطريقة إصلاحها ، ومن أهم المعاجم في هذا الصدد معجم *Adversaria critica* تأليف مادفج 'Madvig' فيما يتصل باليونانية واللاتينية معاً ، ثم معجم Bast : *Commentatio paleographica* بالنسبة إلى اللغة اللاتينية ثم *Gradus ad criticem* تأليف هاجن Hagen بالنسبة إلى اللغة اللاتينية أيضاً . فبواسطة هذه المعاجم التي يجب أن توجد نظائر لها في العربية بعد قيام حركة النشر الهائلة التي قام بها المستشرقون في أواخر القرن الماضي وأوائل هذا القرن ،

تفيد فائدة جلى ، والتصحيحات التى نستطيع أن نقوم بها بواسطة كثيرة لا تحصى ، ومن الأمثلة المشهورة على هذا تصحيح Madvig لنص سنيكا "Philosophia unde dicta sit, apparet; ipso enim nomine fatetur, quidam et sapientiam ita quidem finierunt."

وقد كانت الكتابة باللاتينية بدون علامات ترقيم ، فكانت الحروف توضع إلى جوار بعضها البعض دون تمييز بفواصل بين الكلمات فيكون حرف تلو حرف تلو حرف إلى النهاية ، وتقطيع الحروف إلى كلمات يتم عن طريق القارىء لا فى النص المكتوب ، فلم يكن يوجد بالأولى لاشوة ولا شولة ونقطة ... إلى آخر علامات الترقيم . فرقم هذا النص أولاً على هذا النحو ولكن تبين له أن القسم الثانى لم يكن له أى معنى ، فرأى مدفع أنه لا بد أن يكون هنا خطأ فى تقطيع الكلمات ، فقطع القسم الأخير هكذا: *quid amet sapientiam. etc.* فبهذا تم إصلاح نص سنيكا وأصبح مفهوماً .

ومن الأمثلة على هذا ما يرد كثيراً فى بعض التراجم العربية عن اليونانية ومثاله ما ورد فى توقيع مخطوطة بيروت الخاصة بتراجم محمد بن عبد الله بن المقفع لكتب أرسطو المنطقية الأولى فقد ورد التوقيع التالى : «تم كتاب أنولاطيقا وليس بعده من هذه الكتب إلا كتاب أفود الطبيعى ولم يمنعنا من استقرائه إلا ما قدمنا ... » فقد ظن فورلانى Giuseppe Furlani أن كلمة أفود لا بد أن تكون «سمع» أو ما يشبهها ، ولكن هذا ظاهر الخطأ كما بين ذلك كراوس فلا معنى للكلام عن كتاب الطبيعيات وهو بصدد كتاب فى المنطق ، وثانياً لا يمكن إصلاح النص من رسم الكتابة بهذه الطريقة ، وإنما يجب كما فعل كراوس ألا يعد هذا الكلام كلمتين ، بل كلمة واحدة وهى أفود يقطيقى (= البرهان) والأمثلة على هذا كثيرة لا حصر لها فى المخطوطات العربية .

الحالة الثالثة : وإذا كان لدينا أكثر من مخطوطة فإن عملنا سيكون من ناحية ميسراً ومن ناحية أخرى أطول ، فعلينا أولاً أن ننظر في هذه المخطوطات كي نبين ما ينسب فيها إلى أصل واحد ، فتعد مجموعة المخطوطات التي تنسب إلى أصل واحد وكأنها لا قيمة لها إلا كمخطوط واحد . ونستطيع أن نبين ذلك من وجود نفس الأخطاء في نفس المواضع ، حينئذ نعرف بالدقة أنه لا بد أن تكون هذه المخطوطات قد كتبت بعضها عن بعض ، فنعدّها فرعاً واحداً ينسب إما إلى الأصل وإما إلى مخطوطة كتبت عن الأصل ، ونستمر في تصنيف المخطوطات الموجودة على هذا الأساس حتى نستطيع أن نحدد وجود مجاميع مستقلة ليست مأخوذة بعضها عن بعض وإنما أخذت من مصادر مختلفة . وبعد هذا نضع شجرة النسب لهذه المخطوطات مبتدئين من الأصل في صورة كهذه :



وكما بعدنا عن المؤلف كثرت أحياناً المخطوطات الفرعية ، وتعددت بالتالي المخطوطات المتوسطة ، فستطيع أن نعد مخطوطة المؤلف هي الأصل ،

والأصول المستقلة المكونة للأسر المختلفة تعد مخطوطة من الدرجة الأولى
ثم يتفرع عن كل مخطوطة من الدرجة الأولى مخطوطات فرعية حددناها كما قلنا
عن طريق الاتفاق في الأخطاء فيما بينها ، وقد تتعدد هذه المخطوطات المأخوذة
عن مخطوطات الدرجة الأولى إلى غير نهاية .

ويجب ألا نعدّ قدم المخطوطة هو العامل الفاصل في صحتها ، فقد تكون
هناك مخطوطة ذات تاريخ حديث وليكن مثلاً سنة ١٩٢٠ ولكنها مأخوذة
مباشرة عن مخطوطة من الدرجة الأولى فهذه تفضل بكثير جداً مخطوطة كتبت
سنة ١٨٣٠ مثلاً لو أن هذه أخذت لا عن مخطوطة من الدرجة الأولى بل عن
مخطوطة فرعية عن مخطوطة الدرجة الأولى ، وبالأحرى والأولى عن أية مخطوطة
تزداد بعداً عن مخطوطة الدرجة الأولى . فالمبرة إذن لا بتاريخ المخطوطة وإنما بعدد
الوسائط الموجودة بين هذه المخطوطة وبين المخطوطة المكتوبة بخط المؤلف .

وبعد وضع شجرة النسب هذه بين المخطوطات ننظر في القراءات المختلفة التي
تقدمها المخطوطات المستقلة ، وهنا يحدونا في تفضيل قراءة على قراءة أولاً القرب
من الأصل . فأقرب المخطوطات إلى الأصل ، وهو أقلها في الوسائط ، تكون هي
الأصح على الرغم مما يحدث أحياناً من أن تكون القراءة التي بها أقل وضوحاً
من القراءة الموجودة في مخطوطة أخرى . وثانياً إذا تساوت المخطوطات تقريباً
في الدرجة وكانت مستقلة ، فضلنا القراءة الأعم أي حددنا القراءة التي نختارها
وفقاً للأغلبية . وإذا لم نستطع هذا ولا ذاك ، بأن ظل النص مع هذا مضطرباً ،
فان علينا أن ننظر في المسألة وكأننا ليس لدينا إلا مخطوطة واحدة ، أي وكأننا
في الحالة الثانية . وحينئذ نقوم بالإصلاح على أساس القواعد والإشارات التي
ذكرناها بالنسبة إلى الحالة الثانية ، مع وجود يسر في هذه الحالة أكبر منه في الحالة
الثانية ، لأن القراءات المختلفة قد تؤدي إلى تسهيل تخمين القراءة الصحيحة . وعن
طريق هذا كله نستطيع أن نصل إلى صورة أقرب ما تكون إلى النص الأصلي .

ولكن هذا العمل عمل ساذج خالص ، فقد قدمنا النص كما هو أو كما يرجح أن مؤلفه كتبه ، وعلينا بعد هذا أن نقوم بعمل أكثر إيجابية ، وهو أن نبين مصدر الوثيقة موضوع الدرس ، وهذا ما يقوم به القسم الثانى من النقد الخارجى وهو نقد المصدر . ويجب أن نلاحظ أخيراً أن تصحيح النص له خطر ضخم ، فكثير من الأخطاء ، سواء من الناحية التاريخية والمذهبية ، لم يكن له من مصدر إلا خطأ فى النسخ . وكثيراً ما أثارت هذه الأخطاء فى النسخ أو عدم إمكان القراءة الصحيحة للفظ — مالا حصر له من المشاكل . ولعل من أبرز هذه المسائل فى الفلسفة الإسلامية مشكلة قراءة « فلسفة مشرقية » عليها يتوقف حل مسألة خطيرة هى مسألة قيام فلسفة إسلامية أصيلة أو عدم قيامها .

فقد الإستعادة لا يؤدى إذن إلا إلى استخراج النص كما هو فى أصله دون أن يضيف إليه شيئاً ، مزبلاً كل القراءات الفاسدة وكل التصحيفات التى مر بها النص ، وكل القراءات التى يمكن أن تكون دخيلة أو معدلة . فهو إذن لا يضيف شيئاً جديداً مطلقاً إلى النص .

٢ — نقد المصدر : وليس فى وسعنا أن ننشد حجة قول ما لى إنسان لم تكن له صلة بالحادث أو الواقعة التاريخية ، ولا يمكن أن نتلقى الأخبار اعتباطاً من حيث أنها أخبار دون أن نشير إلى المصدر الذى صدرت عنه ، ولهذا فلا يكفى أن تكون لدينا الوثائق صحيحة وكما كتبها واضعها ، وإنما يجب أن يضاف إلى هذا أن نعرف أولاً : ما مصدر الوثيقة ؟ ثانياً : من مؤلفها ؟ ثالثاً : ما تاريخها ؟ ذلك أن الوثائق تختلف فى قيمتها اختلافاً شاسعاً من حيث صحة نسبتها إلى واضعها الأصيل أو إلى من ذكر اسمه كواضع لها ، فنحن نجد كثيراً من الوثائق أو المؤلفات تذكر لنا بصراحة وبكل تأكيد وقطع أن مؤلف هذه الوثيقة أو تلك هو فلان أو فلان من الناس . ولكن يجب ألا نتق مطلقاً

فى أى تأكيد مهما كان من قوته ، فكثير من الوثائق قد زُف لعدة اعتبارات ذكرها باست J. Bast بالتفصيل منها مثلاً أن يكون الأثر ضئيل القيمة فيمهر بنحتم فلان من الناس المشهورين لكى ترتفع قيمته ؛ أو قد يكون الأثر عظيم القيمة فيضاف إلى إنسان من أجل تمجيد هذا الإنسان مع أن الأثر لا ينتسب إليه ، وقد يكون قصد صاحب الانتحال أن يبين مذهباً معيناً ، فيضطر إلى أن يكتب كتاباً يبين فيه قوة هذا المذهب أو كيف أن شخصية عظمى هى التى كتبت أو أنتجت ، ومن أجل هذا يزيّف كتاباً أو أثراً بأكمله ويعزوه إلى هذه الشخصية العظيمة . فمثلاً نجد كثيراً من الكتب التافهة قد نسبت إلى أفلاطون مع أنه ليس مؤلفها ، وذلك لكى ترتفع قيمتها . كما أن ثمة مؤلفات جليلة قد نسبت إلى أفراد إما مغمورين أو مشهورين بدون حق . وأخيراً نجد حالة مثل حالة كتاب « نهج البلاغة » الذى يمثل النوع الثالث وهو المتعلق بالدفاع عن مذهب من المذاهب فيعزى إلى شخصية عظيمة ، تعتبر مؤسسه ، أثر يبين فيه أن هذه الشخصية العظيمة قد ذهبت حقاً إلى ما تذهب إليه هذه النحلة من رأى . فكتاب « نهج البلاغة » قد قصد به من ناحية إلى تمجيد شخصية الإمام على من حيث رفعة منزلته فى البلاغة والكلام والتفكير الدينى بوجه عام ، ومن ناحية أخرى قد قصد به إلى بيان أن المذاهب التى تقول بها الشيعة هى حقاً تلك التى نادى بها الإمام على .

وتمييز المنتحل والصحيح من المؤلفات عسير كل العسر بالنسبة إلى الأقدمين وأيسر نسبياً بالنسبة إلى الحداثين ، لأن الحداثين قد اعتادوا أن يكتبوا أسماءهم على مؤلفاتهم أو يمهروا لوحاتهم بتوقيعاتهم أو بتعليقات تدل عليهم . وأما الأقدمون فإما أنهم كانوا لا يعنون بذلك ، وإما أن المواضع التى تهر فيها هذه التوقيعات قد درست وزالت ، أو لعدة أسباب أخرى . ومن هنا كان على المؤرخ ، خصوصاً الباحث فى العصور القديمة ، أن يكون دقيقاً كل الدقة فى

النظر إلى النصوص وأن يبتدىء من هذه المقدمة وهى أن يفترض مقدماً أن كل الوثائق مزيفة . وعليه بعد ذلك ألا يأخذ بالوثيقة إلا إذا ثبت لديه صحتها ، وسيكون حاله حينئذ حال من لا يعرف شيئاً عن المؤلف ، وكأنه لا توجد في الوثيقة إشارة إلى مؤلفها وعليه أن يبدأ من جديد كمن يعرف من عسى أن يكون هذا المؤلف . والقواعد لهذا تسير على النحو التالى :

(١) أولاً : يجب أن نقوم بما يسمى التحليل الباطن analyse interne ومعناه أولاً أن ننظر فى الوثيقة من حيث الخط الذى كتبت به . فالخطوط تختلف فيما بين العصور بعضها وبعض . فإذا وجدنا وثيقة من القرن الأول أو الثانى للإسلام مكتوبة بخط فارسى أو نسخى عادى ، فيجب أن تعدّ قطعاً منحولة ؛ وإذا وجدنا وثيقة فى القرن الرابع مكتوبة بخط كوفى قديم قد خلا من النقط والإعجام فليس من شك أو على الأقل فمن المرجح جداً أن تكون منحولة .

ثانياً : علينا أن ننظر فى اللغة التى كتبت بها ، فبعض الصور اللغوية وألوان من الخصائص النحوية ، وأنواع من العبارات والمجازات ومنحنيات التعبير لا توجد إلا فى عصر دون عصر آخر . فبعض الخصائص اللغوية تميز عصرأ من عصر ، وبالتالي نستطيع بواسطتها أن نحدد عصر الوثيقة التى كتبت بهذه اللغة . فمثلاً يمكن أن نستخدم هذا المنهج خصوصاً فى نقد الشعر الجاهلى على الرغم مما به من خطر ، ونقول إن فيه خطراً هائلاً أولاً : لأن المقياس الذى يتخذ عادة فى هذه الحالة هو الجزالة وحوشية اللفظ باعتبار أن هذا هو الذى يتناسب مع الجاهلية ، خصوصاً وأن هذه الكلمة : « جاهلية » توحى بهذا المعنى لدى هؤلاء المؤرخين السطحيين ، فيظن أن كل أثر شعرى يتسم بالركة ونصاعة اللفظ وسهولة التعبير لا بد أن يكون منتحلاً . ولكن هذا المنهج خطر كل الخطورة أولاً لأنه ليس بصحيح مطلقاً أن الشعر الجاهلى كان كله جزلاً ، وإنما اختلفت طبيعة الشعر جزالة ورقة باختلاف بينات الشعراء ، فشعر عدى بن زيد وشعر عبيد بن الأبرص ينسم

برقة لا نكاد نظفر بها حتى في العصر العباسي في بعض الأحيان ، فلا يدل هذا مطلقاً على أنها منحولة . وعلى العكس من ذلك نجد في العصر الأموي ، بل حتى في عصرنا الحاضر ، شعراً يمتاز بالجزالة التامة مثل شعر ذى الرمة أو شعر الشيخ عبد المطلب . فهذه الجزالة لا تدل مطلقاً على أنها من العصر الجاهلي . إنها تمتاز بالجزالة التامة ، ولكنها لا تنتسب — كما هو واضح — إلى العصر الجاهلي .

ولكن الخطأ ليس هنا في النهج وإنما في استخدام مقياس معين لتطبيق النهج . إنما الذي يجب أن نعتبره في هذه الحالة هو طبيعة التراكيب الخاصة وبعض الخصائص المتعلقة باستعمال حروف الجر أو طريقة المجاز أو طريقة تركيب المسند والمسند إليه واستعمال الأفعال ، فهذه الخصائص الدقيقة الجزئية هي فعلاً التي تضع أصابعنا على حقيقة العصر الذي كتبت فيه ، خصوصاً إذا لاحظنا من ناحية أخرى أن المتحليين قد تنبهوا إلى هذه المسألة ، فكانوا أكر من أن يكتشف انتحالهم بسهولة ، فاضطروا إلى تزييف لغة الأصل ، كما نجد مثلاً في الأشعار المنتحلة التي اختلفها خلف الأحمر وأكثر الأشعار المنسوبة إلى الهذليين . لقد تفنن هؤلاء الرواة الذين رووا هذه الأشعار في استعارة لغة الأصل ، فأغربوا ما شاءوا الإغراب ، كي يعفوا على كل أثر لاتهامهم بالانتحال . فعلينا إذن أن نكون دقيقين كل الدقة ، حذرين كل الحذر في استخدام هذا النهج .

وثالثاً : علينا أن ننظر في الوقائع التي ترد في الوثيقة من حيث إمكان حدوثها في الزمان المنسوبة إليه ، أو في المكان الذي تزعم الوثيقة أنها جرت فيه ، وأن ننظر فيما عسى أن تكون هناك من إشارات إلى هذه الوقائع في كتب المعاصرين فمن طريق معرفة هذه الإشارات نستطيع أن نتبين ، إلى حد ما ، العصر الذي تنسب إليه الوثيقة .

(ب) لا تكفي الاعتبارات السالفة لتحديد دقيق لمؤلف الوثيقة أو الأثر

أو الكتاب ... الخ . ولهذا يمكن أن تؤكد النتائج التي نصل إليها عن طريق الخطوة السابقة ، بواسطة ما عسى أن يوجد لدى المؤلفين الآخرين ، من اقتباسات من هذه الوثيقة ، بشرط أن يكون هؤلاء المؤلفون المقتبسون معاصرين أو شبه معاصرين ، وأن يذكر صراحة اسم مؤلف الوثيقة ، مما يرجح لدينا أنه إذا كان ثمة انتحال فإن هذا الانتحال لم يتم إلا متأخراً ، أو أنه لم يتم انتحال إطلاقاً . ومع هذا ، فهذا أيضاً مخوف بكثير من المزالق الخطرة ، وعلينا في هذا المنهج الشائك أن نكون حذرين قدر المستطاع ، خصوصاً وأن كثيراً من المؤلفين وبخاصة الخصوم ، يلجأون إلى تزيف الأقوال ونحتها إلى أفراد لم يقولوا بها إطلاقاً . وهذا يظهر خصوصاً فيما تقوله ابن الراوندى على الجاحظ من أقواله لم يقل بها مطلقاً هو وأغلبية المعتزلة ، وهو ما كشف عنه بكل وضوح الحسين بنه الخياط في كتابه « الانتصار » ، ونعت ابن الراوندى بأنه قرف الجاحظ بأقوال لم يقل بها هو ، ولا توجد في كتبه .

(ج) من بين أنواع التزييف نوع خطير ، وإن كان أقل خطورة من التزييف الكامل ، وهو الحشو والإكمال interpolation & continuation : أما الحشو فهو أن تولج في داخل النص أقوالاً لم يقل بها المؤلف ، أو تزيد بعض الشروح أو الزيادات الدخيلة في العبارة إما للإيضاح أو لأن النص قد استغلق فهمه على الناسخ الجاهل أو القارئ غير العالم ، وهذا ظاهر خصوصاً مثلاً في كتاب « الرسالة » للشافعي ، فنجد في النسخ المتعددة أنها قد احتوت على كثير من القراءات التي كتبها نساخ جهلة أو قراء أشد جهلاً ، ظنوا أن في الكلم تحريفاً أو خطأ ، فاستبدلوا به غيره ، وخصوصاً أن الشافعي كان يستخدم تعابير في غاية من الرصانة والجزالة ومتانة السبك ، مما يدل على عريته الأصيلة في الكتابة . ولكن هؤلاء القراء أو المحشين الجهلة ، كتبوا بدلاً من بعض

الألفاظ ألفاظاً أخرى بدت لهم أيسر، واستبدلوا ببعض التعبيرات، أخرى غيرها أنسب لمصرهم . ومهمة الناشر الناقد أن يستخرج القراءة الصحيحة التي أملاها الشافعي على تلميذه الربيع بالنسبة إلى هذه « الرسالة » .

أما الإكمال فكثير الحدوث خصوصاً عند رجال العصر الوسطى . فأكثر تواريخ العصور الوسطى المسيحية قد أكلت قرناً بعد قرن بواسطة مؤلفين لم يذكروا أسماءهم ، فاخطأت بمؤلفي الكتب الأصليين فأصبحنا في حيرة من أمر ما عسى أن ينتسب حقاً إلى المؤلف الأصلي ، وما عسى أن يكون قد أخذه مؤلفون متأخرون ، وإن كنا نستطيع إلى حد ما أن نقوم بتمييز هذه المسألة بسهولة بمعرفة تاريخ حياة من ينسب إليه المؤلف صراحة ، فمن المعلوم قطعاً أن ما حدث بعد وفاته لا ينتسب إليه . كما نجد هذا مثلاً في الكتب الأدبية العربية ، وخصوصاً كتاب « الفضليات » : فهذا الكتاب قد اختلط بكتاب « الأصفىات » ثم أضيفت إليه زيادات عدة ، فأصبحنا لا ندرى ما الذي اختاره الفضل الضبي وما يجب أن ينسب اختياره إلى الأصمعي ، وما يجب أن ينسب إلى رواة آخرين . فالأصفىات لم تنصل عن المنضيات بل دخل بعضها في بعض ، وأصبحا كتاباً واحداً يحتوي جملة اختيارات بعضها لإبراهيم بن عبد الله ابن حسن « ثم من بعده الفضل ، ثم من بعده للأصمعي ، وهذا عمود الكتاب بنى عليه ، وهو جهرته وأكثره ، ثم من بعدهم لغيرهم ممن عرفنا ومن لم نعرف ، نسبت كلها للفضل والأصمعي ، أو نسب أكثرها للفضل وأقلها للأصمعي ... وهذا الاضطراب قديم جداً حتى إن بعض العلماء المتقدمين لم يستطيعوا أن يميزوا في بعض القصائد فينسبونها لاختيار واحد بعينه ، كما يروي أبو الفرج الأصفهاني في الأغاني (ج ٣ ص ٨٠) بشأن قصيدة الخادرة ، وهي « المنضية » رقم ٨ عن

أبي عبيد معمر بن النثي... الخ» (من مقدمة أحمد شاكر لنشرة «الفضليات» ص ١٧، القاهرة سنة ١٣٦١ هـ).

فمثل هذه الإكالات لا تيسر معرفتها بسهولة وعلينا أن نحدد بالدقة أصلها .
(د) وعلينا بعد هذا كله أن نعرف المصادر التي صدرت عنها الوثائق أو التي استلهمها أو استعان بها مؤلفو الوثائق التي بين أيدينا ، فحينئذ نستطيع أن نحدد بالدقة الحادثة التاريخية من حيث مصدرها . ذلك أنه من غير الممكن أن يتفق كل الاتفاق شاهداً حادث معين على رواية على نحو واحد بل لا بد أن يختلفا ولو شيئاً ، فإذا وجدنا أن الوثائق تتفق تمام الاتفاق في ما ورد في رواية ما بدقة ، فعلينا أن نحسب أنه قد حدث هنا نقل أو سرقة كما يقال في الكتب العربية .
ومن اليسير علينا أن نتميز أنواع التحايلات التي يلجأ إليها الناقلون لكي يعفوا على آثار اتهامهم بالنقل أو السرقة : من تغيير ضئيل في بعض التعبيرات أو تعديل في التعبيرات ، مما يدل على جهلهم أو عدم فهمهم للحادثة ، كما يحدث عادة بين الطلاب حينما ينقل بعضهم من بعض .

وبعد هذا كله وبعد تحديد المصادر المختلفة نستطيع أن نصل إلى بيان حقيق المصدر الذي صدرت عنه الوثيقة .

ومن هذا كله يتبين أن نقد المصدر خطوة تمهيدية لا بد من القيام بها حتى نستطيع الوصول أولاً إلى النص الحقيقي ، أعني ذلك الذي وضعه مؤلفه ، وثانياً لكي نتبين المصدر الذي صدرت عنه الوثيقة . فهاتين الخطوتين نستطيع أن نصل إلى تحديد الوثيقة من حيث الصحة ومن حيث النسبة .

ولكن يجب ألا نعتبر أننا بهذا قد قمنا بعملية النقد الحقيقي . فأغلب المختصين في الدراسات الفيلولوجية يتوهمون أننا بمجرد القيام بهاتين العمليتين قد انتهينا

من تحديد النهج التاريخي ، مع أننا في الواقع قد قمنا بعملية تمهيدية هي في ذاتها وسيلة لخطوة أعلى منها هي النقد الحقيقي أو النقد الباطن . ولهذا يجب أن تقوم على هذا الاعتبار ، فتعد مجرد وسيلة فحسب .

وهنا يمكن أن نثير هذه المسألة التي تثار عادة حول نصيب الفيلولوجي في تكوين النهج التاريخي . فقد رأينا أولاً أنه لا بد من الاعتماد على الوثائق ، والوثائق يجب أن تكون صحيحة محددة النسبة تماماً ، وتلك هي الخطوة التي يقوم بها الفيلولوجي أو العالم المحصل *érudit* ، غير أنه يجب أن يضاف إلى هذه الخطوة خطوة أخرى هي الخطوة الحقيقية ، وهي تلك التي يقوم بها العالم المؤرخ الحقيقي ، وهي أن يركب ، من الوثائق المتخلطة من عصر أو حادث ، صوراً صادقة أقرب ما تكون إلى ما كانت عليه الوقائع التاريخية تماماً . والخصومة ، خصوصاً في القرن الماضي وأوائل هذا القرن — بين العلماء المحصلين والمؤرخين كانت عنيفة كل العنف ، فكل فريق يسخر من الفريق الآخر : فريق المحصلين يسخر من فريق المؤرخين باعتبار أن هذا الفريق الأخير لا يعتمد على الوثائق ، ويبني تركيباته على غير عمد وبالتالي فهي تركيبات أكثرها خيالية ، مع أن أي بحث تاريخي لا يقوم منذ البدء على الوثائق ولا يعتمد عليها في كل خطوة يخطوها ، هو عمل باطل . فضلاً عن أن عدم امتحان صحة الوثائق كثيراً ما أدى في أحيان كثيرة إلى تصورات تاريخية زائفة كل الزيف ، فلو اعتبرنا أرسطو مثلاً هو المؤلف الحقيقي لكتاب *أثولوجيا* ، وأقننا على هذا الأساس تصويرنا لمذهب أرسطو ، لكان هذا المذهب مختلفاً كل الاختلاف عما كان عليه في الواقع التاريخي . فضلاً عن أن كثيراً من الأخطاء الناشئة عن التحريف والتصنيف في النص قد أدت إلى تصورات وهمية في غاية من الشناعة . ومن هنا فيجب أن يعتمد كل مركب للحقيقة التاريخية على أساس الوثائق والوثائق وحدها . وبالعكس من ذلك

نجد هؤلاء المؤرخين يسخرون من أولئك العلماء ذوى العوينات الذين قد جللهم تراب الوثائق وخطوطات ، والذين لم يستطيعوا أن يخرجوا من هذه الوثائق إلى تركيبات عامة حقيقية ، بل انحصروا فى متاحف هذه الوثائق ، ولم يستطيعوا إخراج تاريخ مضى حقيقى فيه تتركب الواقعة التاريخية تركيباً يعتمد غالباً على ذكاء ووجدان وحاسة تاريخية لا تتوافر لدى هؤلاء المتخصصين المنحصرين فى عالم الوثائق . ومن هنا كان التاريخ فى الواقع نوعاً من الخطابة الزائفة والتصويرات العامة التى لم تؤد إلى تصور حقيقى للتاريخ . فلما راعت المؤرخين من أصحاب النزعة العلمية هذه الحالة التى كان عليها البحث التاريخى ، نادوا بالاعتماد على المصادر باستمرار ، وعدم تقديم أى قول إلا إذا استند إلى وثيقة موثوق بها . فقال رينان إن التاريخ يجب أن يقوم على مصادر باستمرار ، وألا تؤكد أية حقيقة إلا إذا اعتمدت على البحث التاريخى القائم على الوثائق ، بصرف النظر عن أية حقيقة قبلية .

وفى وسعنا بعد هذا أن نكون من التاريخ علماء وضعياً بعيداً عن كل التركيبات الخيالية للتاريخ التى كانت تقوم على صور إجمالية سابقة . والواقع أنه من الواجب أن يجمع بين الناحيتين : ذلك أن المنهج الفيلولوجى لا يمكن أن يكون مكثفياً بذاته لأنه وسيلة وإعداد فحسب ، وسيأتى وقت تصبح فيه كل الوثائق التى يمكن أن تجمع عن أى عصر من العصور مجموعة ميسرة منشورة يستطيع كل إنسان أن ينظر فيها ، ولكن ليس فى وسع كل إنسان أن يستخدمها بالدقة أو أن يصير مؤرخاً من مجرد استيعابه لها ، ولن يكون مجرد نشرها معناه أن التاريخ الخالص بذلك العصر قد اكتشف كله أو اكتشف حقاً ، لأن الوثائق هى علامات متناثرة وليست هى الحقيقة التاريخية . والتاريخ يمتاز بالاتصال ، فلكى يكون ثمة اتصال وتركيب واقعى لنسيج التاريخ فلا بد من القيام بعملية

أخرى هي في الواقع عملية التأريخ بالمعنى الحقيقي ، وتلك إذن هي مهمة للتأريخ بالمعنى الضيق الدقيق ، فعلى المؤرخ إذن أن يجمع بين الناحيتين : الناحية الفيلولوجية التحصيلية ، والناحية التركيبية القائمة على الحاسة التاريخية .

وعلى كل حال فإنه وإن لم يتيسر الجمع في شخص واحد بين هاتين الناحيتين فيجب أن نحاول ذلك قدر المستطاع ، فيكون لدينا من ناحية علماء محصلون يتوفرون على ناحية الفيلولوجيا والتحصيل وسيكونون كالقلمة في مصنع التأريخ وليس في ذلك أى تحقير لعملهم ؛ ومن ناحية أخرى يكون لدينا مؤرخون يعتمدون على هذه الوثائق ويركبون على أساسها التأريخ ، والعمل الأول متواضع ولكنه في الحقيقة ضرورى جداً ولا غنى عنه أبداً .

ولا داعى بعد هذا للمفاضلة أو للتفاخر بين فريق وفريق . حتى إذا ما اتهمنا من جمع الوثائق الصحيحة ومن معرفة أصولها ومصادرها كان علينا أن نخطو خطوة متوسطة بين هذا النقد الخارجى وبين النقد الباطن ، وتلك هي عملية جمع الوثائق لكي يتيسر بعد هذا القيام بعملية النقد الباطن . وهذه العملية شاقة ولكنها مفيدة كل الإفادة ، وإن كانت عملية ناكرة للجميل "ingrat" . فهذه العملية يقوم بها أولاً المؤرخ بالنسبة إلى نفسه ، فعليه إن كان يدرس ناحية معينة أن يجمع كل الوثائق المتصلة بهذه الناحية . وهذا الجمع يكون على طرق عدة ، فإما أن يضمها بعضها إلى بعض — إن تيسر له ذلك — في أصولها ، مرتباً لها وفقاً لما يحلوه ، أو يتفق وطبيعته الخاصة في العمل . ولكن أشهر انطرق هي هنا طريقة استخدام الجذاذات fiches . فهذه طريقة يسيرة ، وذلك لأن الاعتماد على الكراسات يجعل العمل أكثر مشقة من حيث أنه لا يسمح بضم الأشياء التي من نوع واحد في منطقة واحدة . أما الجذاذات فلائها متحركة فيمكن أن

تنتقل من موضع إلى موضع ، لكي يتيسر تماماً استخدامها بطريقة منظمة .

وإلى جانب قيام المؤرخ الخاص بجمع الوثائق المتعلقة بموضوع بحثه الخاص هناك أناس متخصصون في تيسير هذه العملية بالنسبة إلى الوثائق الضخمة المتصلة بعصر من العصور أو بنوع معين من الوثائق ، فهؤلاء يقومون بعمليتين : أولاً عملية جمع الوثائق كلها في مكان واحد بأن تضم جميعاً فيما يسمونه بإسم (المَحْصَل) corpus وفيه توجد الوثائق كما هي في نصها الأصيل أو نسخ منها ولكن كما هي في الأصل تماماً ، دون إيجاز أو اختصار . وثانياً : يقوم إلى جانب هذا بوضع ما يسمونه بإسم (السجل) regeste (من الكلمة اللاتينية regere أى يسجل) وفيها نكتب أسماء الوثائق الموجودة بالمَحْصَل corpus معطين خلاصة شبه وافية عن محتويات الوثيقة وتاريخها ومن تنسب إليه ، إلى آخر هذه البيانات المفيدة في تحديد الوثيقة . وتنظيم المحْصَل أو السجل corpus and regeste يتم على اعتبارات أربعة : أولاً : التاريخ أى الزمان ، وثانياً : المكان ، وثالثاً : الضمون ورابعاً : الصورة أو الشكل ، ويجمع هذه القرائن الأربع ، نستطيع أن ننظم المحْصَلات أو السجلات بطريقة عقلية . فمن ناحية التاريخ نستطيع أن نرتب الوثائق من ناحية ترتيبها الزمني ، بحسب العصور . ومن ناحية المكان نجتمع كل الوثائق المتصلة بكل بلد أو إقليم أو كل دولة دولة على حدة ، وهو تقسيم جغرافي ليس بذى فائدة كبيرة في الواقع ، خصوصاً إذا أجريناه بالنسبة إلى محْصَل واحد ومن الناحية الثالثة نستطيع أن نقسم الوثائق تبعاً لموضوعاتها : فهذه الوثائق تتعلق بالإدارة ، وتلك بالسياسة ، وثالثة أخرى بالقضاء . . . الخ . ومن الناحية الرابعة نقسم الوثائق إلى منشورات وقوانين ولوائح ورقاق وعقود ومراسلات ديبلوماسية . . . الخ . وبعد هذا كله نستطيع أن ننظم في داخل كل قسم هذه الوثائق : إما على أساس الترتيب الزمني إن كان ذلك متيسراً — وهو في الغالب

ليس متيسراً ، لأن أكثر الوثائق ليست بذات تاريخ محدد ، أو مجهولة التاريخ وإما — وهذه الطريقة هي أفيد الطرق — أن نرتبها بطريق الترتيب الأبجدي ، وهذا قد يتيسر أحياناً وقد لا يتيسر إطلاقاً ، وإن كان أفيد ترتيب ، فيتيسر مثلاً بالنسبة إلى أناشيد الكنيسة اللاتينية بأن نرتبها وفقاً لكلمة الابتداء ، كما يتيسر خصوصاً بالنسبة إلى الحديث النبوى ، بترتيب الحديث وفقاً للحرف الأول من كل حديث .

ومن أنواع المحصّلات والسجلات المشهورة "corpus inscriptionum graecarum" (أى مجموع النقوش اليونانية) corpus inscriptionum latinarum (أى مجموع النقوش اللاتينية) هذا فيما يتصل بالمحصّلات ، وفيما يتصل بالسجلات نجد "registra imperii" (أى سجلات الأباطرة) أو registra pontificorum romanorum (أى السجلات البابوية) .

٢ — النقر الباطن :

والخطوة الحقيقية في المنهج التاريخي هي عملية النقد الباطن ، ويقصد بهذه العملية بيان ما قصده صاحب الوثيقة من هذه الوثيقة ، ثم معرفة صدقه في الرواية سواء أكان شاهد عيان أو كان ناقلاً عن غيره ، ذلك أن صاحب الوثيقة قد مرّ بمجملّة أدوار ، قد ابتدأ بأن كان شاهد عيان شاهد حادثاً ثم أدركه ثم كتبه . وهذه الكتابة تمرّ بمجملّة أدوار : من استخدام ألفاظ ثم استخدام تعابير ، ثم طريقة تنظيم الوصف . وكل هذه الحلقات المتتالية من العمليات يمكن أن يقع الخطأ في إحداها أو في الأخرى . فعلينا إذن أن نعرف بالدقة أين أخطأ ، وأين أصاب وهل استطاع أن يروى الحادث كما شاهدته تماماً أو هل لم تكن ثمة دواع إما للتزييف أى الخداع المتصوّد أو للانخداع أى الخطأ ؛ أو لعدم الدقة في رواية

الحادث لأسباب إما شخصية ، وإما خارجة عن قدرته . فابتداء من المشاهدة مارين بالتسجيل حتى نصل إلى الصيغة التي لدينا عن الوثيقة ، توجد سلسلة طويلة من العمليات التي قد يخطئ فيها صاحبها . ومهمة النقد الباطن امتحان صحة كل هذه العمليات . ولكنها عملية شاقة معقدة تحتاج إلى صبر طويل وقدرة على استعادة كل الخطوات الفعلية التي مر بها صاحب الوثيقة حتى سجلهم على النحو الذي وصلتنا عليه . ولكننا نستطيع أن نلخص هذه العمليات في عمليتين كبيرتين : الأولى : عملية التحليل للنص ، والنقد الإيجابي لمعناه ، أى تفسيره . والخطوة الثانية أو العملية الثانية هي عملية النقد السلبي للنزاهة والدقة . فلنتحدث عن كل منهما بالتفصيل : —

١ — العملية الأولى : النقد الإيجابي للتفسير - critique positive d'inter-

prétation هذه العملية يقصد منها إلى فهم مدلول نص الوثيقة التي نغني بدراساتها فعلينا أن نحدد بالدقة ماذا قصد صاحب الوثيقة منها ، أى أن العملية التي نقوم بها هنا هي في الواقع عملية تفسير . وتقوم في البدء على عملية فهم للنص كما هو في لفته أى أنها في البدء عملية لغوية ومن هنا سميت الفيلولوجيا أحياناً في بعض اللغات باسم علم اللغة خصوصاً في الألمانية : Sprachkunde ؛ وإن كانوا مع ذلك يميزون بين Sprachkunde وال Philologie . وهذه العملية عسيرة كل العسر ، خصوصاً إذا كانت اللغة قديمة . ذلك أن اللغات كائنات حية ، ومعاني الألفاظ تتغير بتغير الأزمنة والأمكنة ، والاستعمال في أحيان كثيرة يكون شخصياً حتى لو عرفنا اللغة بالدقة كما كانت تتحدث في ذلك العصر . فعلينا إذن أن نعرف اللغة التي كتبت بها الوثيقة ، وأن نعرف ثانياً هذه اللغة كما كانت في العصر الذي كتبت فيه الوثيقة . فشلا نجد أن Grégoire de Tours قد كتب تاريخه باللغة اللاتينية ، ولكن اللغة اللاتينية الكلاسيكية تختلف اختلافا

بيناً عن اللغة اللاتينية في العصور الوسطى فيلاحظ مثلاً أن كلمة *vel* كان معناها في اللغة اللاتينية الكلاسيكية (أو) ولكن معناها في العصور الوسطى (و) . وكذلك الحال في اللغة العربية فهناك كثير من الألفاظ التي تعددت معانيها باختلاف العصور بحيث يخطئ المرء في استخدامها ؛ ومنها أن يذكر مؤلف مثلاً أن فلان التجأ إلى حائط فيفهم من الحائط معنى الجدار بينما يكون المقصود من الحائط هو البستان . ومن هنا يقع المؤرخ في أخطاء فاحشة . والأمير كذلك في الكتب الفلسفية في كلمة مثل (ها هنا) بمعنى *il y a* . فعلينا إذن أن نعرف بالدقة المعاني التي كانت تستخدم فيها الألفاظ في العصر الذي كتبت فيه الوثيقة . وفضلاً عن هذا فعلينا أن نعرف الاستعمال الخاص للمؤلف ، فلكل من الشخصيات الخالقة في الناحية الفكرية معجمها الخاص الذي يتميز عن المعجم العام لعامة الناس ؛ ونستطيع أن نكون هذا المعجم باستخلاص المواضع المختلفة التي استعمل فيها اللفظة الواحدة ، وعلى أساسها تحدد معاني الألفاظ عنده .

فيجب علينا إذن حيناً نبحت في نص وثيقة من الوثائق أن نعرف بالندة لغة العصر الذي كتبت فيه وأن نعرف اللغة الخاصة بالمؤلف حتى نستطيع أن نفهم الوثيقة على الوجه الأتم . ثم لا يكفي هذا وحده ، بل لا بد أيضاً أن نفهم الكلمات وفقاً للسياق . وهذا ما يعرف باسم قاعدة السياق *la règle du contexte* ومضمونها أنه يجب ألا نفهم عبارة أو كلمة إلا وفقاً للسياق الذي توجد به ، فكثيراً ما تختلف معاني العبارات وبالأحرى معاني الكلمات وفقاً لاختلاف الأماكن التي تستخدم فيها ، وتبعاً لاختلاف الإشارات إلى كل حالة من حالات الاستعمال . ومن الخطأ البين أن نقبس نصاً لمؤلف قديم ، ونولج في نص حديث محاولين بهذا أن نفسر عبارة المؤلف القديم على نحو يتفق وأقوالنا نحن ، فإن في هذا تزييفاً شنيعاً لفكر المؤلف ، فضلاً عما يجر من

مفالمات عديدة ، وهذا أظهر ما يكون خصوصاً فى الأبحاث الدينية والأبحاث
دات الطابع الدفاعى ، فهنا نكتفى أحياناً بإيراد عبارة لمؤلف قديم قد ذكرها
فى سياق مختلف تماماً عن السياق الذى نكتب فيه ثم نحاول أن نفسرها
بطريقة أخرى تتفق مع ما نقصد إليه ، فنورد مثلاً آية قرآنية أو من أى كتاب
مقدس آخر ، أو حديثاً نبوياً لتأييد أقوال حديثة لا تمت فى الواقع بأية صلة
إليها اللهم إلا فى ظاهر اللفظ ، ومع هذا لا نجد حرجاً فى أن نزع أن الآية أو
الحديث قد قصد إلى ما نقصده هنا .

كما يظهر هذا خصوصاً فى المحاولات الدفاعية المسكينة التى يحاول بها كثير
من الناس أن يشيدوا بمجد قديم أو بتراث حضارى معين ، فيحاولوا أن يقتبسوا
عبارات واردة فى كتب قديمة فلسفية أو دينية أو علمية وفقاً للبحث ، زاعمين
أن هذه العبارة تتفق مع ما يقول به هذا الفيلسوف المعاصر أو الحدث أو هذا
الاقتصادى أو هذا المذهب السياسى . . إلخ وفى هذا فى الواقع خيانة علمية إلى
أقصى درجة ، وعلينا أن نتجنبها دائماً ، وألا نفسر النص إلا وفقاً للموضع الذى
وجد به ، وألا نحاول أن نتقول عليه مالا يمكن أن يكون قد فكر صاحبه فى
القول به ، فضلاً عن أن يكون قد قصد إليه عن قرب .

بهذا إذن نستطيع أن نحدد ما يسمى باسم المعنى الحرفى أى المعنى بحسب ظاهر
النص . غير أن هذا لا يدل بعد على أن هذا هو ما يتم فى كل الأحوال ، فكثيراً
ما يكون ظاهر النص غير معبر حقاً عما رعى إليه المؤلف بالفعل . والدواعى إلى هذا
عديدة ، فأحياناً يكون المؤلف قد عبر عن قول من الأقوال من باب السخرية
منه والتهكم عليه ، أو قاله من باب المزىل لا من باب الجد ، أو حاول به التعمية
عن قصده وصرف النظر السطحى عما يقصد إليه فى الواقع أو محاولة الإيهام

لأسباب باطنة أو أسباب عملية أو أسباب خارجية تتصل بالظروف التي وجد بها .
وفضلاً عن هذا كله فقد يدعو التحسين اللفظي إلى كثير من الاستعمالات
المجازية التي لا تعطى ظاهر المعنى بوضوح : كاستخدام التشبيهات والاستعارات
وأنواع المبالغات والمحازات والكنايات مما يؤدي في أحيان كثيرة إلى أن يتبدى
من ظاهر النص غير ما يقصد إليه المؤلف بالفعل . ولهذا يجب علينا ألا نأخذ
النصوص بظاهرها ، وذلك أن ننظر أولاً في النص ، فإذا وجدناه غامضاً أو غير
محدود أو يختلف مع ما نعرفه من أقوال أخرى للمؤلف ، أو توجد به تلميحات
وإشارات تتبدى أحياناً في شيء من الوضوح ، وغالباً في اختفاء وإيماء ، فإن علينا
أن نعتبر أن النص هنا يجب ألا يؤخذ بحروفه بل علينا أن نفترض معنى خفياً ،
قصد إليه المؤلف واضطر إلى إخفائه لأسباب عدة هي التي ذكرناها . ولهذا
الطريقة فائدة كبرى في استخراج كثير من معاني الرموز وتفسير بعض الإشارات
الغامضة ، ومن أشهر ما حدث في هذا الباب تفسير الوحش المذكور في « رؤيا
يوحنا » صاحب الرؤيا بأنه نيرون . كما نجد مثلاً أن الملحنين وأصحاب البدع
في الحضارة الإسلامية مثلاً يستخدمون ألفاظاً مثل الدنيا — الدهر — الزمان
ويقصدون منها في الواقع « الله » ، ولكن لأنهم يريدون أن يصبوا عليها كل
اللغات ويعزوا إليها أسباب المصائب ، فإنهم لا يستطيعون قطعاً أن ينسبوا إلى
الله ، فيُلبَّسون عن قصد بمثل هذه الألفاظ التي يجب أن تعد معبرة عن
قصد المحدثين ، وهذا هو ما نبه إليه في الحديث المشهور : لا تسبوا الدهر ، فإن
الله هو الدهر . وعلى الرغم من هذا التحذير فقد استمر هؤلاء في سب الدهر .

وبهذا إذن نستطيع أن نحدد المعنى الذي قصد إليه المؤلف علماً أو على أتم وجه
متيسر . وبذا ينتهي دور النقد الباطن الإيجابي للتفسير ، ويبدأ بعد هذا الدور
الثاني من أدوار النقد الباطن ، وهو الدور السلبي للنزاهة والدقة .

٢ — النقد الباطن السلبي للنزاهة والدفقة
Critique interne négative
de sincérité et d'exactitude

لا يكفي القيام بعملية النقد الباطن الإيجابي للتفسير ، لأنه إذا أمكن أن نعرف بالدقة ماذا قصد إليه المؤلف حقاً من الوثيقة المكتوبة ، فإن هذا لا يدلنا بعد على قيمة هذه الوثيقة من حيث دلالتها على الحادث الذي نتحدث عنه . فكل ما يقدمه لنا النقد الإيجابي للتفسير هو مقصد المؤلف فحسب . أما كيف شاهد الحادث وهل أصاب في مشاهدته أم لا ، وهل قصد إلى الكذب أم لم يقصد ، وإلى أى مدى تنق بهذه الوثيقة ، وإلى أى حد هي تعبر عن الواقعة — كل هذه مسائل لا بد أن تقوم بها عملية ثانية للنقد الباطن هي عملية النقد الباطن للنزاهة والدقة . فعلياً أن نبحت في صحة مشاهدة مؤلف الوثيقة للحادث ، وهل أصاب في وصفه له ، وهل لم يخطئ في بعض الجزئيات ، وهل لم يكن مخدوعاً عن بعض ما شاهده وهل لم تكن تحذوه دوافع أجنبية من شأنها أن تشوه تصويره للحادث ، وفي كلمة واحدة : إلى أى حد تنق برواية صاحب الوثيقة ؟

والمؤرخون قد اعتادوا هنا قديماً — إلى ما قبل النهج العلمى للتأريخ — أن يسألوا أنفسهم بعض الأسئلة المتعلقة بالمؤلف من حيث قيمته في الرواية والأسباب الداعية إلى الوثوق به ، وهل كان أميناً حقاً في النقل أو في القص أو في الوصف . فكان منهجهم هنا شكلياً إلى حد ما ، ولكنه كان أفضل كثيراً من المنهج العامى المبتذل الذى يأخذ الوثائق كما هي دون أدنى تمحيص ولا بحث . ومن هنا كانوا يزعمون أنهم أسى بكثير من المؤرخين أو القصاصين الذين يروون الأحداث كما أتت بها الوثائق أو كما تناقلها الناس على هيئة حكايات وأساطير . فحقاً هذه مرتبة دنيا للبحث ، إن صح أن تسمى بعد باسم البحث ، لأنها مخالفة لكل منهج ، ذلك أن أسباب الشك في صحة وأمانة الروايات تكاد

تتخطى كل حصر ، ولا يمكن مطلقاً أن تثق بأية رواية من مجرد أنها رواية ، بل لا بُد لنا دائماً أن نبدأ بالشك في صحة أية رواية . غير أن هذه النظرة النقدية بعض الشيء لم تبلغ بعد مرتبة المنهج العلمى الصحيح ؛ ذلك أن هذه هي المرتبة التى نسير على مبدأ الشك المنهجى فتعتبر ابتداءً أن كل الوثائق مزيفة ، وعلى المؤرخ أن يبدأ بإثبات صحتها ، وأن يفترض الخيانة فى كل راو روى أى حادث ، وعليه بعد أن يتحقق من أمانته . فالأصل أن كل صاحب وثيقة متهم بالخيانة والتزييف والخطأ وعدم النزاهة ، ويمكننا أن نبدأ بمحنتنا إما بتأييد هذا الحكم السابق ، أو بإثبات براءته . وبهذا الشك الحاسم المتناول لكل شيء ، نستطيع أن نقيم فعلاً منهجاً علمياً لدراسة التاريخ . وهنا يجب أن نتبع قاعدتين :

(أ) القاعدة الأولى هي أنه يجب ألا تثق فى رواية لمجرد أن صاحبها شاهد عيان . فشهادة العيان ليست بصحيحة دائماً لأن صاحبها قد يخطئ . — كما سنرى بعد قليل ، وقد يكون عرضة لكثير من الأوهام . حقاً إن شهادة العيان أسمى بكثير — ابتداءً أو نظرياً — من شهادة غير المباشر ، ولكن يجب ألا تؤخذ كأنها رواية صادقة من مجرد كونها رواية عيان .

(ب) يجب ألا نأخذ الوثيقة ككل ، بل علينا أن نحللها إلى آخر ما يمكن أن نتحلل إليه من أجزاء وأن نبحث فى قيمة كل جزء من هذه الأجزاء وصحة دلالاته على الوقائع الواردة بها .

والبحث بعد هذا يتشعب إلى شعبتين : أولاً : شعبة تتعلق بالأخبار الآتية من شهادة عيان ، أو الملاحظة المباشرة — وثانياً الأخبار الواردة بطريق غير مباشر .

١ — روايات شهادة العيان أو الروايات المباشرة :

قلنا إن الروايات المباشرة لا تدلنا حقاً من مجرد كونها مباشرة على صحة

الوثيقة ، بل علينا أن ننظر في لأحوال التي وضعت فيها الوثيقة ، والظروف التي أحاطت بانثolf ، سواء أكانت هذه الظروف والأحوال خارجية عامة ، أم كانت ظروفًا شخصية متصلة بالمؤلف نفسه . فعلينا بادئ ذي بدىء أن نبحث في الأحوال العامة للوثيقة التي نحن بصدد دراستها ، فنجمع أوفر قسط من المعلومات عن المؤلف وعن أمانته وعن ثقة الناس به وعن العصر الذي كتب فيه وعن الوثائق المشابهة التي روت نفس الحادث ، وعن الوقت الذي وجد به . حتى إذا ما استطعنا أن نجتمع كل هذه المعلومات كان علينا كخطوة ثانية — هي خطوة البحث في أمانته — أن نضع لأنفسنا طائفة من الأسئلة الموضوعية سابقاً تقريباً ، لأنها أسئلة عامة وإن كانت تنطبق في الواقع على كل حالة فردية مع بعض التعديل بما يوافق الحالة الخاصة . وهذه الأسئلة تدور حول بايين : الباب الأول هو باب النزاهة ، والثاني باب الدقة .

فالنزاهة تتعلق بأمانة المؤلف في رواية الحادث أو نقله ، وتدور كل الأسئلة في هذه الحالة حول إمكان أن يكون المؤلف قد كذب في روايته أو نقله . والأسباب الداعية إلى الكذب عديدة : أشهرها أولاً أن يكون المؤلف قد قصد إلى التزييف لحاجة عمالية كأن يستفيد مادياً من هذا التزييف ، أو أن يكون ملحقاً بمحاشية ملك أو أمير فيضطر إلى تزييف الأخبار والوثائق لصالح الأمير الذي يوجد في بطاقته ، وهو أظهر ما يكون في التواريخ التي تكتب إبان الحملات ، مثل أخبار فرواسار Froissart . ثانياً أن يكون المؤلف قد وجد في وضع اضطره إلى هذا التزييف . ثالثاً أن يكون المؤلف مدفوعاً بدافع البغضاء والكراهية لجماعة من الجماعات : دينية أو وطنية أو اجتماعية ، أو بدافع الاختلاف في الرأي مع مبدأ من المبادئ أو حزب من الأحزاب ، فيميل دائماً في هذه الحالة إلى تمجيد مبادئه هو أو مبادئ حزبه أو مبادئ الشيعة التي ينتسب إليها ، والخط من قيمة الخصوم

موتزيف أقوالهم والتقول عليهم بأشياء لم يقولوها إطلاقاً ، وإنما قصد بها كذباً
التشهير بهم ، فيزيف عليهم أقوالاً لم يقولوها ، ويدخل في هذا أحياناً بعض
الإلزامات التي تفرض على بعض المذاهب . رابعاً : أن يكون المؤلف قد قصد
— لغاية شخصية معينة — أن يضع من قدر شخص من الأشخاص أو حادثة من
الحوادث فيميل إلى الكذب في الرواية ؛ ولهذا لا يمكن أن يقال إنه نزيه
في روايته .

أما الدقة فتتصل بالخداع ، أو الخطأ . ومعناها أن يكون صاحب الوثيقة
فريسة لوهم من الأوهام فيظن أنه رأى الحادث على هذا النحو ويؤكد هذا مع
أن الحادث كان على نحو آخر ، ولكن حالت دون رؤيته على النحو الصحيح
موانع ، أشهرها : أولاً : أن يكون الشخص في وضع يشاهد فيه الحادث فعلاً
ويعاينه ويباشره دون أن يكون ثمة مانع قسري ، ولكنه لا يراه على حقيقته
لوجود معان سابقة في ذهنه . وهذا يشاهد كثيراً في الروايات العيانية عن حادث
واحد ، فنحن نرى أنه لو شاهد عشرون شخصاً حادثاً من الأحداث ، وليكن
سياسياً ، لرووه بروايات متعددة ، تكاد أن تتناقض في أكثر الأحيان ، وذلك
وفقاً لطبيعة الملاحظ من حيث تأثره بالحادث ومن حيث اللغى السابقة
الموجودة في ذهنه ، وبالجملة وفقاً للمعادلة الشخصية التي عنده بالنسبة إلى هذا
الحادث .

ثانياً : أن يضطر الراوى إلى رواية الحادث على نحو معين خاص لا يستطيع
أن يرى الأشياء فيه إلا على هذا النحو ، كما يحدث غالباً في مشاهدة الزائرين لبلد
من البلدان فإن الحكومات تلجأ دائماً إلى تنظيم الرحلة بطريقة من شأنها أن
تبعد هذا الزائر عن مشاهدة كل ما لا تود هي أن يراه ، فيكون في هذه الحالة
مضطراً بحكم ظروفه إلى ألا يرى غير ما رأى .

ثالثاً : أن تكون الوقائع مُعقَّدة ومتشابكة أو موجودة في أمكنة متعددة ، أو تحتاج إلى معونة الكثيرين من المخبرين أو العيون والأرصاد ، فتكون روايتهم في هذه الحالة مشوبة بالكثير من النقص لأنه لم يستطع أن يشاهد الحادث .
كله جملة : فهذا كله يتنافى مع الدقة التي يجب أن يحرص عليها في الرواية ، فيضطر في هذه الأحوال إلى أن يورد الرواية على نحو غير دقيق . فالفارق بين النزاهة وبين الدقة إذن هو أنه في عدم النزاهة يُفترض سوء النية ، وفي عدم الدقة يفترض حسن النية ويأتى الخطأ عن وهم أو استحالة مادية .

ويمكن أن نضيف بعض العوامل العامة إلى عدم النزاهة مثل أن يكون المؤلف قد تأثر بنزعات استرضاء معاصريه تملقاً للنوق الجمهور أو استرضاء للعواطف الشعبية فيضطر أحياناً إلى أن يعرض الحقائق على نحو يخالف لما كانت عليه في الواقع ، وهو هنا إما أن يكون قد قصد إلى هذا قصداً أو يكون قد دُفع إليه بطريقة لا شعورية ؛ وأياً ما كان الأمر فهذا يتنافى مع ما يجب من نزاهة . ومن دقة .

٢ — الرواية غير المباشرة :

كل هذا إذا كان مؤلف الوثيقة قد عاين الحادث مباشرة وجاءت روايته مباشرة . أما إذا لم يكن قد عاين الحوادث ، بل كانت روايته عن آخر عاينه أو قد ضم أخباراً متفرقة عن مخبرين متنوعين ، ضمها جميعاً لتكوين أخبار عن حادث معين ، فإنه في هذا أيضاً يكون قد قدم لنا وثائق غير مباشرة .
وأكثر المؤرخين إنما يسرون على هذا الأساس الثانى : قليل من المؤرخين هم الذين شاهدوا الأحداث التاريخية ، وقليل من المؤرخين هم الذين استطاعوا حتى أن يبلغوا مرتبة واحدة فيما بين الحادث الأصيل وبينهم هم أنفسهم . وحتى قائد المعركة الذى يكتب مذكرات عن معركته التى انتصر فيها ، قد اعتمد

هو الآخر على تقارير جاءت من صغار الضباط من قواد الوحدات المختلفة المكونة لجيشه ، لأنه ليس في وسعه مطلقاً أن يشاهد الوحدات كلها كما هي .

وهنا يتعين علينا أن نلجأ إلى طريقة أخرى غير الطريقة التي امتحنا بها الدقة والنزاهة بالنسبة إلى الوثائق المباشرة ، وأهم ما في هذه الطريقة أولاً أن نحاول قدر المستطاع أن نتسلسل فيما بين الرواة المتوسطين حتى نصل إلى الراوى الأصلي الذى يكون قد عاين الحادث ؛ فإذا استطعنا بلوغه تمكنا حينئذ من أن نحدد الرواية من حيث قيمتها الحقيقية على وجه التقريب ، كما هي الحال تماماً إذا كانت الوثيقة مباشرة : فننظر في هذا الراوى الأصلي من حيث أمانته ودقته والظروف التي وجد بها كما فعلنا تماماً في الحالة السابقة . ولكن معرفة ذلك عسيرة كل العسر وتبلغ في أكثر الأحيان درجة الاستعالة ، ولا نكاد أن نجد لهذا شبيهاً إلا في حالة الأحاديث النبوية فهي وحدها تقريباً في كل الأخبار العائلية تلك التي وردت مقرونة بروايتها رواية عن راو حتى نصل إلى الشاهد الحقيقى في عيد الرسول . والمهمة تنحصر حينئذ في أمرين : الأول أن نمتحن الرواة المكونين للسلسلة الطويلة واحداً واحداً من حيث أمانته في الرواية من جهة ، وثانياً من حيث دقته في الرواية . فالأمانة تكفل لنا أن يكون الحديث صحيحاً وليس مكذوباً أو مختلقاً على الرسول ، والدقة تكفل لنا أن يكون نص الحديث هو بعينه كما قاله النبي . هذا فيما يتصل بالحديث لا بالأثر ، أما الآثار فلا يشترط فيها الصياغة لأنها ليست أقوالاً وإنما هي أفعال للنبي . وعلينا بعد هذا — إذا ما استوثقنا من أمانة الرواة ، واستبعدنا كل ترجيح لشهادتهم وبلغنا إلى الراوى الأصلي الصحابى — أن نمتحن هذا الصحابى من حيث أمانته في النقل أو دقته في القول . ومع هذا فنحن بإزاء هذه المسائل في حيرة هائلة ، ذلك لأنه من السهل على كل إنسان أن يرسم سلسلة طويلة موثوقاً بأفرادها من الرواة ، ويترجم أن هذا الحديث أو ذاك

مروى عن فلان عن فلان إلى آخر الفعنة الطويلة حتى تصل إلى الصحابي مع أن الحديث ختلق منذ البدء . والصعوبة أكبر في امتحان شهادة كل الرواة المتوسطين : فبعض التابعين لم يتورع مطلقاً عن الكذب ، فرجل مثل عكرمة في روايته عن ابن عباس قد زيف الكثير من الأحاديث ، مع أنه يعتبر تابعا إذ روى عن صحابي . وكثيراً ما نجد حشداً هائلاً من الأحاديث منسوبة إلى أبي هريرة ، وما كان هو في الواقع غير تكاة لكل من يحاول أن يزيف حديثاً . غير أن هذه المسألة أعنى تسلسل الرواة لم يتحقق بوضوح ، مع ما في هذا من تحفظات ، إلا بالنسبة إلى السنة النبوية ، وفيما عدا هذا لا نكاد أن نعرف الراوى الأصلي الذي نقل عنه المؤرخ ، أى الماين الحقيقى للحادث . وأكثر ما لدينا من مصادر مجهول الاسم ، لأن كل المؤرخين قد اعتمدوا على أشخاص قد يكونون بدورهم رواة عن رواة ، وعلى كل حال فلم يذكر لنا هؤلاء المؤرخون من هم هؤلاء الرواة الذين أخذوا عنهم .

يجب علينا حينئذ أن ننظر في هذه المصادر المختلفة التى اعتمد عليها المؤرخون ، لكي نقبين هل هناك صفات مشتركة في مختلف الروايات التى يأتى بها المؤرخ عن حوادث معينة ؛ وحينئذ نستطيع أن نحدد على وجه التقريب مصدراً عاماً لروايته ، فهيرودوتس مثلاً نرى من رواياته أن أكثرها مطبوع إما بطابع أثينى أو دلفى ، فنعرف حينئذ أن الأخبار التى يوردها يجب أن تكون مطبوعة بنظرة الأثينيين والدلفيين إلى الأحداث التى يرويها . فوصف هيرودوتس للأشقوزيين Scythes يحتوى على أخبار كلها من مصدر أثينى ولذلك كانت أخباراً متهمة لأن الأثينيين كانوا أعداء للأشقوزيين . وكذلك الحال إذا رأينا كتاب تاريخ شيعى فإننا نجد أن الروايات الواردة به أكثر مصادرها شيعى مما يجعلنا نتحفظ في تصديقها فيما يتصل بالخصوم وفيما يتصل بالشيعية أنفسهم .

وهنا عامل حاسم مهم يجب أن نهتم به في الدراسات التاريخية هو ما يسمونه عامل النقل tradition ، والنقل إما أن يكون شفاهاً أو كتابياً ، فإن كان كتابياً كان موثقاً به بدرجة أكبر ، أما النقل شفاهاً فآسر ، لأنه من الصعب جداً أن ينقل شيء شفاهاً بدقة ، اللهم إلا في بعض أحوال قليلة مثل الأمثال والشعر ، فهنا يمكن الاعتماد على النقل الشفوي . أما فيما عدا هذا فإن التاريخ أو الروايات الحقيقية ستستحيل في هذه الحالة إما إلى أساطير أو إلى حكايات . أما الأسطورة légende فهي الروايات الشفوية التي تتناقلها الشعوب غير المتحضرة وفيها مستودع معلوماتهم عن الحوادث ، وتكاد أن تكون في أحيان كثيرة المصدر الوحيد لمعرفةنا عن شعب من الشعوب في عصر من العصور . أما الحكاية anecdote فهي الصورة الباقية من الأسطورة لدى الشعوب المتحضرة ، وهي تلك الروايات التي لا تكتب لأنها مسائل شخصية أليفة سرية تجنح الكتابة عن تسجيلها فتتناقل شفويّاً فيما بين الأفراد وتكون نوعاً من التاريخ الذي كثيراً ما يكون صادقاً كل الصدق أكثر من التاريخ المكتوب ، وقد يكون معبراً أو دالاً في أحيان كثيرة أكثر مما يدل عليه التاريخ المسجل ، لأن فيها من البساطة وبالتالي من الصدق في التعبير ، ولأن فيها من الأخبار الأليفة السرية التي قد تكشف عن الأسباب العظمى والنتائج الخطيرة ، أكثر مما تكشف عنه التحليلات التاريخية المنظمة .

ويجب ألا نفتر بالطريقة التي كتبت بها التواريخ ، فكثيراً ما تكون في الظاهر في معرض تأريخي علمي ، ولكنها في الواقع ليست إلا أساطير ، مثل ما نرى في الكتاب الأول من كتاب الحروب البوبونيزية ثيوكوديدس Thucydide فهي كلها أساطير عن نشأة الشعوب اليونانية ويجب أن تعامل على هذا الأساس مع أن بقية الكتاب من أحسن الأبحاث التاريخية .

٣ - استعادة الوقائع Reconstruction

وهذا تنتهى مهمة النقد ، ولكنها مهمة أولية تحضيرية كل ما تقدمه لنا هو الوثائق مبيّنة صحتها ومعللة كلّها بعلامة تدل على درجة اليقين فيها ، ولكن هذا ليس بعد التأريخ الحق ، أما التأريخ الحقيقي فيبدأ من هذه الوثائق لكي يستعيد الوقائع كما حدثت في واقع التاريخ وهنا يجب أن نلاحظ أن مهمة المؤرخ في غاية الصعوبة ذلك لأن الوقائع التاريخية ليست كالوقائع الفزيائية ، فالوقائع الفزيائية حاضرة باستمرار ، يمكن إجراء التجارب عليها أبداً ، وفي درجة واحدة ، ويمكن أن نغزل بعضها من بعض ، أما الوقائع التاريخية فتمتاز بمدة خواص : أولاً أن الوثيقة التاريخية ، وهى الشئ الوحيد الباقى من الواقعة التاريخية ، والأساس الباقى الوحيد الذى يقوم عليه التأريخ تأتى دائماً مختلطة بكثير من الوقائع ، فلو أخذنا مثلاً وثيقة كوثيقة ميشع Mesha ، وهى نقوش تخلفت لدينا من الموابيين Moabs ، نجد أن فيها أولاً مسائل خاصة بلغتهم وثانياً بطريقة كتابتهم ، وثالثاً بطقوس عبادتهم لألهتهم ، ورابعاً بحروبهم مع بنى اسرائيل. ولا يمكن بالدقة أن نغزل هذه العناصر بعضها عن بعض حتى يتيسر دراستها دراسة دقيقة ، كما نفعل فى عزلنا للعناصر الكيميائية الداخلة فى تركيب شئ ما . ثانياً : تمتاز الوثائق التاريخية بأنها تأتى لنا على درجة غير متساوية فى العموم ، فبعض الأخبار تتصل بأحوال عامة جداً ، وبعضها الآخر يتعلق بأشياء جزئية لحالة فرد من الناس أو واقعة معينة كأن يكون بروتس قد قتل قيصر ، وعلينا حينئذ أن نرفع هذه الوثائق إلى درجة من العموم واحدة ، حتى يمكن أن تدرس فى مستوى واحد . ثالثاً : الواقعة التاريخية ، محددة بزمان ومكان معينين ، وإلا لم تكن لها قيمة تاريخية حقيقية ، اللهم إلا كأنثر عام من آثار الإنسانية عامة ، وفى هذا نقص هائل لقيمتها التاريخية ، بينما الواقعة العلمية

ليست محددة بزمان ومكان . ومن السهل إذن أن تُنفصل أى اعتبار من هذه الناحية . — وقد رأينا ما هنالك من صعوبة هائلة فى تحديد تاريخ الوثائق ؛ فهذا مما يجعل مهمة المؤرخ أكبر مشقة جداً من مهمة العالم الفيزيائى .

لهذه الخصائص وخصائص أخرى كثيرة غيرها ، كانت مهمة المؤرخ صعبة كل الصعوبة ، ولهذا كان من الصعب جداً أن يمدَّ التاريخ علماً ، خصوصاً إذا لاحظنا أن التاريخ لا يخلف لنا نفسه ، وإنما يخلف لنا تعبيرات وأوصافاً ، للأحوال التى جرت فيه ، والأوصاف والادراكات كلها تتوقف على أمور نفسية أو ذاتية هى الأحوال الذاتية الخاصة بمؤلف الوثيقة ما عدا أحوالاً قليلة هى أحوال الأشياء المادية الدالة على آثار مثل الآثار الكثيرة أو اللوحات فى دلالتها على ما أنتجه الفنان . ومن هنا كان على التاريخ شاء أو لم يشأ أن يكون ذاتياً وأن يتوقف على قدرة ذاتية خالصة للقائم بالبحث التاريخى ، خصوصاً إذا لاحظنا من ناحية أخرى أن الوثائق لا تعطينا صورة سينمائية عن الحادث ، وإنما هى صور متناثرة بينها وبين بعض الكثير من الهوات وأنواع النقص والاختلال وعدم الارتباط . فأى عمل هائل على المؤرخ أن يقوم به من حيث إكمال كل نقص وسد كل ثغرة بين الوثائق المختلفة ! ومن هنا كان التاريخ إلى حد كبير يقوم على الفن وعلى موهبة خاصة عند المؤرخ الذى يستطيع أن يحيا الماضى بكل ما كان عليه وأن يستعيد كل تجاربه فى الماضى ابتداءً من الوثائق ، وابتداءً من الوثائق وحدها ، وكأنه حيها من جديد وتراعت له عياناً .

ذلك أن غاية المؤرخ على حد تعبير رنكه *Ranke* المؤرخ الألمانى العظيم (فى القرن التاسع عشر) هى أن يستعيد الوقائع التاريخية ، كما كانت هى عليه بالفعل فى الماضى ، وكأنه عاينها بنفسه . ومعنى هذا أن يقوم المؤرخ — كما دعا إلى هذا دلتاى — بتجربة حية يحيا فى داخلها الأحداث الماضية وكأنه عاينها بنفسه

وجهاً لوجه ، فهذا - وبهذا وحده - يمكنه أن يؤرخ تاريخاً حقيقياً .
وكل هذا إنما يعتمد على قدرة ذاتية ، ولا تجدى الوثائق وحدها نفعاً
مهما كان من تعددها ، ولهذا سيظل البحث التاريخي بالضرورة بحثاً ذاتياً .
ولكن يمكن أن نحدد مهمة المؤرخ بعد هذا في الخطوات التالية : فعليه
أولاً أن يستخرج من الوثائق كل المعلومات التي تعبر عنها ، سواء أكانت هذه
المعلومات متعلقة بأفراد وأشياء مادية أو كانت متعلقة بأعمال إنسانية أو كانت
ثالثاً متصلة بدوافع وبواعت على هذه الأفعال . والخطوة الثانية أن يضم هذه
المعلومات التي قدمتها الوثائق الجزئية بعضها إلى بعض ، ويصنفها تبعاً لمبدأ تصنيف
معين ، والصعوبة كل الصعوبة في إيجاد مبدأ التصنيف هذا ، بحيث تندرج كل
الوقائع المتشابهة تحت فصل بالذات ولا يختلط بعضها ببعض . وثالثاً عليه أن
يضعها جماعاً في إطار عام ، تدخل فيه كل هذه الوقائع قدر المستطاع حتى تتكون
صورة واضحة للعصر التاريخي أو للتاريخ العام الذي يبحث فيه . فهذه الصورة
الإجمالية أو الإطار العام الذي تدخل فيه الوقائع الجزئية لابد من وجوده في ذهن
المؤرخ ، خصوصاً وأن استعادة التاريخ معناها رد التاريخ حاضراً بالفعل وفقاً
لتسلسله الزمني ، وهذا لن يتم إلا بواسطة هذه الصورة الإجمالية العامة . ورابعاً
يجد المؤرخ نفسه هنا بازاء كثير من الثغرات في داخل هذا الإطار ، وعليه حينئذ
أن يملأها ويملا كل فراغ بين تسلسل سير الأحداث حتى يطرد سير التاريخ
ويكون متصل الأجزاء ، وهنا تقوم الموهبة التاريخية الحقيقية وتعتمد في غالبها
على الخيال الذي يستطيع أن يملأ كل هذه الثغرات الفارغة ويعطي مضامين لكل
القولب الجوفاء التي يملأها في إطاره العام . وهنا المهمة الحقيقية للاسترداد أو إعادة
البناء . وخامساً عليه أن يقوم بوضع الصيغ العامة أو الصيغ *formules* على وجه
العموم التي يسجل فيها الحقائق التاريخية واحدة واحدة ، مما يدخل في هذا

الإطار العام ، حتى تصبح حقائق مقولة قابلة لأن تدون في صورة تاريخية .
فوضع الصيغ خطوة رئيسية جداً في كتابة البحث التاريخي . وأخيراً تأتي خطوة
سادسة هي خطوة العرض ، وهي خطوة عملية أكثر من أن تكون نظرية ،
ومهمة المؤرخ فيها أن يعرض الأحداث وفقاً للصيغ التي اختارها ، وأن يربتها
بمبحث يمكن أن تنقل إلى الآخرين ، لا أن تكون مقصورة على المؤلف وحده .
وهذا العرض يتبع جملة من القواعد العملية التي يحسن بالمؤرخ اتباعها ، ولكن
لا نستطيع من الناحية المنهجية أن نفصل القول فيها لأنها ترتبط باللممة الجزئية
لكل مؤرخ مؤرخ ، خصوصاً إذا لاحظنا أن هذه القواعد العامة التي وضعناها
يجب أن تكيف وفقاً للدراسة الخاصة التي يقوم بها المؤرخ .

المنهج فى علم الاجتماع

والمنهج فى علم الاجتماع يتفصل كثيراً عن المنهج فى التاريخ بوجه عام ، مع وجود روابط كثيرة بين الاثنين ، بحيث يندرج منهج الاجتماع فى منهج التاريخ . فوجه التشابه أن الظواهر فى كليهما زمانية فى أغلب الأحيان ، وإن كنا نميل فى الاجتماع إلى سلب الظواهر الاجتماعية صفة الزمانية لكي نجعلها قواعد عامة ، كما نأقرب بين الاجتماع وبين العلوم الوضعية قدر المستطاع . كما أن الاجتماع يدرس على أساس الوثائق المتخلفة لنا عن المنشآت الاجتماعية فى تطورها التاريخى . ولا يحدى هنا إلا منهج المقارنة ، ثم منهج التغيرات المساواة من بين المناهج الأربعة فى التجريب .

ولكن يجب أن نحدد الظاهرة الاجتماعية بطريقة أدق كأفعل دور كهم لأجل الظاهرة الاجتماعية تمتاز بصفتين : الأولى أنها مستقلة عن الوعى الفردى وأنه لا يمكن أن يكون قد قام بها كثير من الناس أو أن تكون منتشرة فى بيئة من البيئات لكي تعدّ ظاهرة اجتماعية ، إنما يجب أن تكون ظاهرة خارجة عن كل وعى فردى بحيث يبدو وكأنها تفرض فرضاً على العقول الفردية دون أن يشعروا هم بأنهم الفعلة الحقيقيون كأفراد فى بنائها بحيث لا يمكن أن تنسب إلى فرد بالذات ، بل إلى المجموع كالمجموع ، كما لا يمكن أن تصدر عن فرد على حدة ، لأنها تتوقف على تركيب جمعى معين هو وحده الذى يستطيع أن يفسر حدوثها . ثانياً تمتاز الظاهرة الاجتماعية بأنها قسرية coercitive إلزامية ، وهذه الصفة نتيجة للصفة السابقة ما دامت هذه الظواهر تفرض على الفرد فرضاً ، وهو مضطر بحكم ارتباطه بالمجتمع أن يتأثر بها وأن يخضع لها — شاء ذلك كفرد أو لم يشأ .

ولكن هذا التحليل للواقعة الاجتماعية واضح أنه يتقصه الكثير من الدقة لأنه سيستبعد من الظواهر الاجتماعية بعض الظواهر التي تصدر عن الآراء الفردية ويكون لها أثر في المجموع : كالتوانين التي تصدر عن شخصية سياسية أو فكرية تنقل تأثيرها في المجتمع إلى أبعد حدوده ، مكونة بهذا منشأة اجتماعية أو وضعاً اجتماعياً معيناً .

غير أن تحديدنا للظاهرة الاجتماعية على هذا النحو يمكننا من أن نعين المنهج الذي يجب أن نسلكه في الكشف عن قوانين الاجتماع والاطرادات الموجودة في المنشآت الاجتماعية . وهنا سنجد أن المنهج الأعم والذي يجب أن يشمل بقية المناهج في علم الاجتماع هو منهج التغيرات المساوقة : وذلك بأن نتبين التغيرات الموجودة في منشآت وقارنها بتلك التي تحدث في منشأة أخرى بينها وبينها تلازم في التخلف ، وتلازم في الوقوع ، بحيث ينشأ عن فقدان عنصر من الواحد ، فقدان عنصر من الآخر . ولكي نصل إلى تحديد دقيق على هذا الأساس يحسن بنا قدر المستطاع أن نعبر عن هذه التغيرات المساوقة في صيغة رياضية كما حاولنا تماماً بالنسبة للعلوم الفزيائية ، ولهذا كانت طريقة الإحصاء هي من أعظم الطرق وأخصبها في منهج علم الاجتماع لأنها تحدد بطريقة دقيقة كيفية حدوث التغيرات المساوقة مما يجعلنا نفهم قوانين أو استطرادات الأحوال الاجتماعية . ويحدد دوركميم قواعد منهج الاجتماع بخمس :

١- يجب أن نعد الوقائع الاجتماعية كأشياء أي يجب علينا ألا نتأثر بأية معان سابقة تجعلنا ننظر إلى هذه الظاهرة أو تلك من وجهة نظر معينة ، بل يجب أن نعد الظاهرة الاجتماعية ظاهرة طبيعية موضوعية خارجية ليست متأثرة بشخصية معينة هي التي تفسرها أو تكونها . فأنواع الآيين mœurs وألوان القيم

الأخلاقية الموجودة في جماعة من الجماعات — كل هذه الأمور يجب ألا نحكم عليها من وجهة نظر عاداتنا نحن أو عادات فرد من الناس أو عادات بيئة معينة في زمان ومكان معينين ، فلا ننت هذا النوع أو ذاك بأنه منحط أو خارج عن هذا السياق أو ذاك بأن نقول إنه خارج عن الدين أو عن معيار الأخلاق . . الخ بل نعدّه كوقائع الطبيعة سواء بسواء ، نستبعد منه كل تقويم ، وننظر إليه نظرة وصفية موضوعية خالية من كل نظرة تقويمية . فهذا يمكن أن يصير الاجتماع علماً بالمعنى الدقيق ، أى مجموعة من المعارف المتصلة بوقائع موضوعية غير متأثرة بمن يفسرونها أو باعتبار تقويمى معين .

٢ — والقاعدة الثانية أن نميز في داخل هذه الوقائع الموضوعية بين ما هو سوى^٢ ، وما هو مَرَضٍ . فالسوى هو الذى يكون القاعدة العامة في بيئة من البيئات ، والمرضى هو الذى يكون انحرافاً عن القاعدة العامة أو شذوذاً عن القاعدة السائدة ، مع اختلاف في تقدير درجة السوية .

٣ — بعد أن نقسم ونصنف الظواهر الاجتماعية على النحو السالف نستطيع أن نعين المشابهات العامة أو الخاصة الموجودة بين طوائف من الظواهر الاجتماعية فتبين حينئذ أنماطاً عامة لأنواع الاجتماع وللأحوال الناشئة عن الوجود في جماعة ، ابتداء من الجماعات المختلطة hordes والقبيلة clan . وتلك هى القاعدة الثالثة من قواعد المنهج في الاجتماع ، ألا وهى أن نحدد الأنماط العامة لأنواع الاجتماع .

٤ — إذا ما حددنا هذه النتائج وبينناها بالتفصيل استطعنا أن نحدد بعد هذا الأحوال الاجتماعية الخاصة التى توجد فيها كل جماعة ، واستطعنا بالتالى أن نفهم هذه الأحوال الاجتماعية من حيث الأسباب التى تعمل فيها دائماً . وهنا يجب أن تكون هذه الأسباب اجتماعية خالصة ، فنفسر الأحوال الاجتماعية بعضها

بعض ، دون التجاء إلى أحوال فردية إطلاقاً أو قدر المستطاع . فالاجتماع يفسر الاجتماع ، ولا يجب أن يفسر بعلم النفس الفردية إلا في الأحوال القصوى ، وهي حينما تكون الظاهرة الاجتماعية على شفا المنطقة الفاصلة بين الاجتماع وبين علم النفس . ولهذا كانت القاعدة الرابعة أن نبحث في العلل الفاعلية المنتجة للظواهر الاجتماعية ، ولا بد أن هذه العلل اجتماعية بدورها . ومنهج المقارنة — مع الاستعانة بالمنهج المكون للقاعدة الخامسة — هو الذى يحدد لنا بالدقة هذه العلل الفاعلية .

٥ — والمنهج الذى يجب أن نسلكه بعد هذا يجب أن يكون كما قلنا خصوصاً منهج التغيرات المساوقة ، لأن الظواهر الاجتماعية لا يمكن أن تدرس بدقة إلا عن طريق مقارنة ظواهر متشابهة تنتج نتائج متشابهة . ذلك أن التجريب إن كان عسيراً في علم النفس مع أنه يجرى على فرد ، فكم يكون أشد عسراً بكثير إذا كنا نريد أن نجربه على جماعة ! ذلك أن إجراء تجربة على جماعة بإزالة عنصر أو وضع أو قاعدة سائدة أو نوع من الآيين من شأنه أن يحدث ثورة اجتماعية كلية والمجتمعات لا تسمح بهذا . وكل ما نستطيع أن نقوم به هو تكوين جماعات قليلة مصطنعة اصطناعاً نحاول أن نجعل منها حقلاً لتجاربنا . ولكن في هذا الكثير من التعسف والتضيق ، ولا يمكن أن يؤدي فعلاً إلى الحقيقة في أمر الظواهر الاجتماعية لأن هذه غالباً تلقائية وتصدر عن أحوال عامة من زمان ومكان وتأثرات خارجية وتأثر بالبيئة وبالوضع التاريخي ، وهي أمور لا يمكن أن تصنع أو تستثار قصدًا . لهذا كان منهج التجريب ، بالمعنى العلمى غير متيسر إطلاقاً في علم الاجتماع اللهم إلا منهج التغيرات المساوقة مع ما فيه من نقص إذا ما طبق في الاجتماع ، لأنه سيؤول أيضاً إلى منهج تاريخي من ناحية ومن ناحية أخرى من العسير ، جداً أن نجد أحوالاً اجتماعية وأوضاعاً اجتماعية

١٥ — مناهج البحث العلمى

متشابهة لبيئات مختلفة ، فضلا عن أن العوامل المؤثرة في الاجتماع عديدة وخفية .

فمن الصعب جداً أن نكشف عن العوامل أو العنصر الفاعلية المنتجة لهذه الظواهر أو تلك ، ولكن يجب أن نحاول استخدام هذا المنهج قدر المستطاع وأن نعبر عن نتائجه بدقة قدر الإمكان ، وذلك باستخدام طريقة الإحصاء ، وهى طريقة تقوم عادة على حساب الاحتمالات لأننا لا نستطيع أن نعين أشياء دقيقة كمية ما دمنا بإزاء ظواهر لا يمكن أن تخضع للكم إلا بعسر . وقد أفلح هذا المنهج خصوصاً في علم الاقتصاد لأنه لا يقتصر على أحوال اجتماعية لأصحاب عقول واعية ، بل يتند أيضاً إلى مسائل وأشياء مادية ، وفي هذا يمكن إدخال الكم والتقدير الكمي بدرجة أكبر . أما في الاجتماع بالمعنى الضيق ، فتطبيق المنهج في الغاية من العسر ، فضلا عن أنه أدى إلى كثير من النتائج السطحية المغالطية .

والإحصاء على نوعين : إحصاء رسمي ، وإحصاء غير رسمي .

فالإحصاء الرسمي هو الذى تأمر به الدولة وتسيطر على إعداده وتنظيمه واستخراج نتائجه بواسطة أجهزة تختص بذلك ضمن جهاز الدولة العام : إما على هيئة مصلحة للإحصاء ، أو بواسطة أجهزة إحصاء فرعية في مختلف مرافق الدولة تتولى القيام بالإحصاءات في القطاع الذى تندرج فيه وتختص به . ومن هذا النوع : الإحصاء أو التعداد العام للسكان من نواح عديدة : العدد ، الدين ، المهن ، الحالة الاجتماعية من زواج وغيره الخ ؛ والإحصاءات الجزئية مثل الصادرات والواردات ، الإنتاج الزراعى والصناعى ، الدخول الفردية ، الخ .

وعالم الاجتماع يتلقى هذه الإحصاءات على أنها ملاحظات غير مباشرة ،

لأن غيره هو الذى تولاهما . وقيمتها تتوقف على الدقة التى تمت بها ، والنزاهة والأمانة فى إجرائها واستخلاص نتائجها والظروف التى تمت فيها والوسائل التى اتخذت والاحتياطات التى وفى بها ابتغاء الاستقصاء والدقة فى البيانات . لكن المقارنة بين الإحصاءات المختلفة فى السنوات والظروف المختلفة تفيد فى تصحيح ما عسى أن يكون قد طرأ عليها من خطأ أو تزيف أو قصور وإهمال .

على أن من الممكن الاستفادة من هذه الإحصاءات فى التنبؤ بالمستقبل الاجتماعى ، تنبؤاً يغلب عليه الاحتمال طبعاً نظراً لعدم اليقين فى القوانين الاجتماعية التى يمكن أن تبني على الإحصاءات .

ومن أنواع الإحصاء ما يسمى باسم التحقيق^(١) enquête وهو إحصاء غير رسمى يستخدم فى استقصاء الحقائق عن ظاهرة من الظواهر الاجتماعية أو فى استبيان الرأى العام فى مشكلة من المشاكل . فالتحقيق يهدف إلى معرفة آراء عدد كبير من الناس حول مسألة من المسائل ؛ وهى مسائل متفاوتة كل التفاوت . والانتخابات فى الدول الديمقراطية والاستفتاءات هى ألوان من التحقيقات السياسية . وفى الولايات المتحدة الأمريكية تمت طرائق التحقيق والكشف عن الرأى العام نمواً بالغاً فى هذا القرن : ومن أشهر هذه الطرائق طريقة الدكتور جالوب Dr. Gallup وتمتاز من سائر الطرق بأنها بدلا من سؤال أشخاص عديدين جداً تقتصر على أفراد نموذجيين typiques يمثلون مختلف الأعمار ومختلف الأوساط الاجتماعية ، وبالجمله مختلف العقلية الموجودة فى

(١) راجع عنه
J.-L. Lebreton : *Guide pratique de l'enquête sociale*, 3 vols. in-4° : t. 1er, *Manuel de l'enquêteur* (P.U.F., 1951) ;
t. II, *L'Enquête rurale* (P.U.F., 1951) ; t. III, *L'Enquête urbaine*

بلد ما يراد فيه إجراء تحقيق عن مسألة من المسائل . وقد تبين أن هذه الطريقة التي تم على أفراد نموذجيين قد أدت بنتائج فائقة الدقة تتفوق على غيرها من الطرق ، خصوصاً طريقة المكالمات الهاتفية (التليفونية) فقد كانت بعض « معاهد الرأي العام » في أمريكا تتخذ الطريقة التالية وهي أن مخاطب تليفونياً عدداً كبيراً من الأشخاص وتسألهم ؛ وقد بين جالوب أن هذه الطريقة مصدر لأخطاء عديدة ، لأنه لا يملك التليفونات غير عدد قليل من الناس ، ومن هنا كانت آراؤهم لا تمثل إلا الطبقة التي تملك الحصول على تليفون أو الذين يعملون في مكاتب بها تليفونات الخ . على أن قيمة طريقة جالوب تتوقف هي الأخرى على طريقة اختيار الأشخاص الذي يسألون ، وتستوجب لذلك أفراداً ممثلين حقاً لطبقات اجتماعية شديدة التنوع من حيث السن والمهنة والسكن ، والدخل ، ومستوى المعيشة ، الخ .

ومنهج^(١) الإحصاء يستجيب لحايتين أساسيتين من حاجات العلوم الاجتماعية وهما :

١ — أنه يحل محل التجريب ، فيما يتعلق بالظواهر الحاضرة ، كما أن التاريخ يحل محل التجريب فيما يتصل بالوقائع الماضية ؛ والإحصاء هو المنهج الوحيد القابل للتطبيق على دراسة الظواهر التي لا نملك تغيير ظروفها ؛

٢ — أنه يسمح ، كما يقول كورنو Cournot بجمع وتنسيق وقائع عديدة من أنواع مختلفة ، بحيث نحصل على روابط عديدة مستقلة عن شواذ الصدفة .

المنهج المونوغرافي :

وهناك منهج آخر ينافس منهج الإحصاء في الدراسات الاجتماعية وهو

المنهج المونوغرافي *la méthode monographique*. واثنوغرافيا في الأصل وصف موضوع مفرد : فالسيرة هي مونوغرافيا فردما . لكن المقصود بها في علم الاجتماع هو القيام بدراسة مفردة عن جماعة أولية مثل الأسرة ، القرية ، القبيلة ، المصنع الخ . غير أن بعض علماء الاجتماع الأمريكيين فهموا منها أيضاً دراسة الأفراد كوسيلة للدراسة الاجتماعية .

وأول^(١) من أدخل دراسة سيرة الشخص والوثائق الشخصية في علم الاجتماع هو توماس وزنانيسكى *Thomas & Znaniecki* في كتابهما : « الفلاح البولندي في أوروبا وأمريكا »^(٢) ، وقد قالوا إن هذا المنهج في علم الاجتماع هو « النموذج الكامل للدراسة الاجتماعية » . وأرادا أن يدرسا الحياة الاجتماعية دراسة علمية تحسب حساب العوامل الموضوعية والعوامل الذاتية للسلوك . وحاولا تصحيح نظريتهما والفروض التي افترضنها بالاستمانة بالوثائق الشخصية ؛ واستخرجا بذلك مبادئ وتعميمات يمكن تطبيقها في مواقف أخرى في مجرى التطورات الاجتماعية . لكن نتائج أبحاثهما والمبادئ التي وضعها قد تلقاها علماء الاجتماع بالتحفظ . فقد اعترف بما للوثائق الشخصية المتعلقة بحياة شخص أو أشخاص في بيئة ما من فائدة بوصفها معطيات يستفاد منها في البحث الاجتماعي ؛ لكن قيمتها العلمية محدودة لأنها شخصية فردية . وقيمتها هي في الدراسات الوصفية والأبحاث التمهيدية الاستكشافية لأنها تعطي أفكاراً هادية في البحث ، لا نتائج يقينية يمكن تعميمها .

لكن جاء ألبورت *G. W. Allport* فدافع عن قيمة المونوغرافيا القائمة

(١) *The Polish Peasant in Europe and America, 1833-34.*

(٢) راجع مقال ارنست برجس في : « علم الاجتماع في القرن العشرين » التي أشرف على إخراجها جورج جورفتش ، باريس سنة ١٩٤٧ ج ١ ص ٢٨ وما يليها .

على السيرة الشخصية والوثائق الشخصية وقال إنها نافعة في المنهج العلمى الاجتماعى نفسه :

« وأن من الممكن بيان أن المونوغرافيات تعمق الفهم ، وتقوى القدرة على التنبؤ ، والقدرة على الضبط بأن تجعلهما يتجاوزان المستوى الذى يمكن المرء بلوغه إذا ما تسلىح بالفهم السليم وحده »^(١) .

ويمكن اتخاذ منهجين للتفسير يطبقان على الوثائق الشخصية : المنهج النوموتيقى nomothétique أو الدراسة المقارنة للوثائق ابتغاء الوصول إلى تعميمات ؛ والمنهج الأيديوغرافى idiographique أو دراسة الأحوال الفردية من ناحية ما فيها من فردية وتامة .

القياس الاجتماعى^(٢) :

على أن الفهم يتوقف على تحليل التصورات المتعلقة بظاهرة اجتماعية . ولكن هذا التحليل المنطقى فيه من الغموض ما فى التصورات ؛ ولهذا فكر بعض علماء الاجتماع فى اتخاذ منهج يكون كفيلا بالدقة العلمية . ولما كانت الدقة العلمية لم تتحقق إلا عن طريق إدخال الكم فى الدراسة ، لهذا بحثوا عن طريقة كمية تكون مكتملة للتحليل المنطقى للتصورات ، فاتخذوا ما سعى باسم « القياس الاجتماعى » sociométrie الذى ينسب إلى الدكتور ج . ل . مورينو Dr. J. L. Moreno (ولد فى بوخارست سنة ١٨٩٢) وهو طبيب أمراض

The use of Personal Documents in Psychological Science. (١)

p. 185. (عن الغال المذكور) .

(٢) راجع عنه كتاب مورينو بعنوان *Who shall survive ?*

نفسية تماهى الأصل ولكنه هاجر إلى أمريكا ، وكان تلميذاً لقرويد ، وأنشأ
أولاً « الدراما النفسية » التى قصد بها إلى استثارة الانطلاقات اللاشعورية على
المسرح ؛ ثم تطورت الدراما النفسية إلى الدراما الاجتماعية وفخاها إحياء مواقف
اجتماعية مصطنعة على المسرح وتمثيل دور ما ، وليكن دور الزنحى أو رب
العمل . لكنه رأى أن هذا لن يخرج عن ميدان الكيف فى الدراسة النفسية
والاجتماعية ، فأنشأ منهج القياس الاجتماعى وخلاصته : أن نطلب إلى أفراد
جماعة ما اختيار من يستلطفونهم أو يستنفلونهم أكثر من غيرهم فى هذه
الجماعة . والإجابات التى نحصل عليها تسمح بالحصول على رسوم اجتماعية ،
تبدى ، فى شكلها الأولى ، على هيئة سلسلة ومثلث ومستطيل ونجمة . وحينما نمثل
على ورقة إجابات كل أفراد هذه الجماعة فإننا نحصل على تعقيدات تبدو لأول
وهلة أنها لا يمكن فصلها وتمييزها . لكننا نستطيع رغم ذلك الوصول إلى تمييز
بعض الأمور السائدة وإلى نتائج ذات دلالات . فمثلاً الشخص الذى ينال استلطافاً
كبيراً (ويرمز إليه بنجمة) يمكن أن يختاره إما زملاء استلطفهم كثير من
الزملاء : وحينئذ نكون بإزاء شخصية « قوية » : أو شخص اختاره ناس لم
يلتفت إليهم الآخرون ، فتكون حينئذ بإزاء شخصية « شعبية » . وإذا ما قارنا
رسوماً اجتماعية sociogrammes مختلفة فإننا نصل إلى قوانين تحدد أو تهم
ملاحظات التجربة العامة .

مناهج البحث العلمى

مؤلفات الدكتور عبد الرحمن بدوي

(١) مبتكرات

- | | |
|---------------------|--------------------------------|
| ١ — الزمان الوجودي | ٤ — الحور والنور |
| ٢ — هموم الشباب | ٥ — نشيد الغريب (شعر) |
| ٣ — مرآة نفسى (شعر) | ٦ — هل يمكن قيام أخلاق وجودية؟ |

(ب) دراسات أوربية

- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| ١ — الموت والعبقريّة | ٣ — المنطق الصوري والرياضي |
| ٢ — دراسات في الفلسفة الوجودية | ٤ — في الشعر الأوربي المعاصر |

خلاصة الفكر الأوربي

- | | |
|--------------|-------------------------|
| ١ — نيتشه | ٥ — أرسطو |
| ٢ — اشبنجلر | ٦ — ربيع الفكر اليوناني |
| ٣ — شوبنهاور | ٧ — خريف الفكر اليوناني |
| ٤ — أفلاطون | ٨ — فلسفة العصور الوسطى |

(ج) دراسات إسلامية

- | |
|--|
| ١ — التراث اليوناني في الحضارة الإسلامية |
| ٢ — من تاريخ الإلحاد في الإسلام |
| ٣ — شخصيات قلقة في الإسلام |
| ٤ — الإنسانية والوجودية في الفكر العربي |
| ٥ — أرسطو عند العرب |
| ٦ — المثل العقلية الأفلاطونية |
| ٧ — منطق أرسطو (٣ أجزاء) |

- ٨ — شهيدة العشق الإلهى : رابعة العدوية
- ٩ — شطحات الصوفية (أبو يزيد البسطامى)
- ١٠ — روح الحضارة العربية
- ١١ — الإنسان الكامل فى الإسلام
- ١٢ — التوحيدى : الإشارات الإلهية
- ١٣ — مسكويه : الحكمة الخالدة
- ١٤ — فن الشعر لأرسطوطاليس وشروحه العربية
- ١٥ — الأصول اليونانية للنظريات السياسية فى الإسلام
- ١٦ — أرسطوطاليس : فى النفس (مع الآراء الطبيعية لفلوטרخس)
- ١٧ — ابن سينا : عيون الحكمة
- ١٨ — ابن سينا : البرهان
- ١٩ — الأفلاطونية المحدثه عند العرب
- ٢٠ — أفلوطين عند العرب
- ٢١ — المبشر بن فاتك : مختار الحكم
- ٢٢ — فلهوزن : الخوارج والشيعة
- ٢٣ — أرسطوطاليس : الخطابة
- ٢٤ — ابن رشد : تايخيص الخطابة
- ٢٥ — مخطوطات أرسطو فى العربية
- ٢٦ — مؤلفات الفزائى
- ٢٧ — مؤلفات ابن خلدون
- ٢٨ — أرسطوطاليس : فى السماء والآثار العلوية

٢٩ — حازم القرطاجنى وأرسطوطاليس

٣٠ — رسائل ابن سمين

٣١ — دور العرب فى تكوين الفكر الأوروبى

(د) ترجمات

الروائع المائة

١ — ايشندروف : من حياة حائر باثر

٢ — فوكيه : أندين

٣ — جيته : الديوان الشرقى

٤ — ييرون : أسفار اتشيلد هارولد

٥ — جيته : الأنساب المختارة

٦ — برشت : دائرة الطباشير القوقازية

٧ — ثربنتس : دون كيخوته

٨ — لوركا : مسرحيات لوركا

٩ — برشت : الأم شجاعة

١٠ — دورنمات : علماء الطبيعة

اشفيتسر ، فلسفة الحضارة

تنبیه

تقدم البحث العلمی رهین بالمنهج ، یدور معه وجوداً وعلماً ، دقة وتخلخلا ،
خصباً وعقماً ، صدقاً وبطلاناً . ومن هنا كان الاهتمام البالغ بتقنین مناهج للبحث
العلمی من أيام أرسطو حتی يوم الناس هذا . ويمكن أن نفسر تطورات العلم
والمعرفة العلمية بأدوارها المتفاوتة عن طریق بیان دور للنهج العلمی فی تحصيلهما .
فما انتکس العلم إلا بسبب النقص فی تطبیق المناهج العلمية ، أو فی تحدیدها ، وما نما
وازداد أصالة إلا بالدقة فی تحدید المناهج وتقرر مبادئها القویمة . ولا خلاف علی
هذا بین العلماء الخالص و بین الفلاسفة الباحثین فی منطق البحث العلمی . إنما یأتی
الخلاف فی تحدید دور كلا الفريقین فی تشید المناهج العلمية . ومن الواضح أنه
كما أن معرفة الطب لا تستلزم بالضرورة الصحة ، ولا السیر بمقتضى القواعد
الطبية ، فكذلك معرفة مناهج البحث لا تستلزم بالضرورة تحصيل المعرفة العلمية
ولا اتباع قواعد المنهج العلمی . فهذا أمر ، وذاك أمر آخر .

ولكن المعرفة الواعية بمناهج البحث العلمی تمكن العلماء الباحثین من إتقان
البحث وتلافی كثير من الخطوات المتمثلة أو التي لا تقید شيئاً .

ومن هنا كانت فائدة بیان مناهج البحث العلمی .

وكتابتنا هذا فی بیان مناهج البحث التي ینبغی سلوكها فی المجموعات الثلاث
الكبرى من العلوم ، وهی : مجموعة العلوم الرياضية ، ومجموعة العلوم التجريبية ،
ومجموعة العلوم التاريخية . والقواعد التي نسوقها هنا قواعد علمة ، أى تم المجموعة
كلها دون أن تخص علماً منها بعینه . ومن الواضح أن تمت فروقاً نوعية بین

المنهج في المجموعة والمنهج في كل علم علم منها ، ولكن البحث في هذه الفروق
موضوع المناهج الجزئية وهو ما لم نهدف إليه من هذا الكتاب .

وعسى أن يكون فيه ما يفيد في توجيه البحث العلمى — الذى لما يشمر بعد
في العالم العربى ثماره المرجوة — على النهج السديد .

عبد الرحمن بدوى

مايو سنة ١٩٤٤

فهرس

صفحة	
١٩ — ٣	التهج :
٥ — ٣	معنى الكلمة
٦ — ٥	أنواع التهج
٧ — ٦	علم الناهج
١٢ — ٧	تكوينه
١٩ — ١٣	أنواع الناهج

التهج الاستدلالي

٨١ — ٢١	الفصل الأول :
٢٩ — ٢١	تطور العلوم الرياضية
٣٠ — ٢٩	الدور العلمى عند اليونان
٣٣ — ٣٠	الهندسة التحليلية
٣٤ — ٣٣	الهندسة الوصفية
٣٧ — ٣٤	الهندسات اللاقليدية
٤٣ — ٣٨	تطور الحساب ونشأة الجبر
٤٤ — ٣٤	تطور الجبر
٥٠ — ٤٤	الميكانيكا
٦٨ — ١٥	نظرية العدد — معنى كلمة العدد
٧٠ — ٦٨	الترتيب
٨١ — ٧٠	أنواع الأعداد

التهج الاستدلالي :

٨٣ — ٨٢	معنى الاستدلال
٨٩ — ٨٣	النظام الاستدلالي — تكوين النظم الاستدلالية
٩٨ — ٨٩	التحليل التقليدى للمبادئ (البديهيات — المصادرات — التعريفات)
١٠٠ — ٩٨	الصلة بين هذه المبادئ
١٠٣ — ١٠١	قد هذه المبادئ
١١٥ — ١٠٣	مسار التهج الاستدلالي
١١٨ — ١١٦	التجريب العقلى

